

LEHRSTUHL FÜR BAUKONSTRUKTION UND VORFERTIGUNG
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

o. Prof. Dr.-Ing. Heinrich P a s c h e n

Ergänzende Untersuchungen
zur Gas- und Wasserdichtigkeit
von Stahlbeton-Plattenstreifen

Bericht erstattet

von

Dr.-Ing. H. Ertingshausen

Dr.-Ing. J. Steinert

1972

Die Untersuchungen wurden im Auftrag und mit Unterstützung des Bundesministers für Städtebau und Wohnungswesen durchgeführt. Ein Teil der für die Messungen verwendeten Geräte sind Leihgaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn-Bad Godesberg

Az.: I 7 - 81 07 05 - 135

BIBLIOTHEK
Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz
der Technischen Universität Braunschweig
Beethovenstraße 52
D-3300 Braunschweig

Ergänzende Untersuchungen zur Gas- und Wasserdichtigkeit
von Stahlbeton-Plattenstreifen

Im Auftrage des Herrn Bundesministers für Städtebau und Wohnungswesen sind 1969 an der Technischen Universität Braunschweig Untersuchungen der Gas- und Wasserdichtigkeit statisch bis zur Traglast beanspruchter Stahlbeton-Plattenstreifen durchgeführt worden. Die Aufgabenstellung ging davon aus, daß die Dichtigkeit in Abhängigkeit von der Biegebeanspruchung mit Anzahl, Breite und Tiefe der Risse auf der Zugseite in bestimmter Weise abnimmt. Ziel der Untersuchungen war es, denjenigen Grenzwert für die Biegerotation eines Querschnittes zu finden, bei dem die Wasser- und Gasdichtigkeit gerade noch gewährleistet ist.

Insgesamt wurden zunächst zwölf Plattenstreifen mit den Abmessungen Länge/Breite/Dicke = 332/64/32 cm einer statischen Vorbelastung als Einfeldträger unterworfen und davon zehn auf Dichtigkeit geprüft. Als Bewehrung wurde Baustahl I, glatt und mit schräggerippter Profilierung, und Baustahl IIIb verwendet. Der Bewehrungsgehalt lag zwischen 0,24% und 0,64%. Die Betongüte sollte Bn 200 und Bn 250 entsprechen.

Diese Untersuchungsergebnisse konnten teilweise nicht befriedigen, da sich infolge der Belastung der Versuchsplatten mit einem in Feldmitte etwa konstanten Biegemoment, wie beabsichtigt, stets mehrere Risse ergaben, die jedoch zum Teil auch im Randbereich der nach dem Biegeversuch aus den Stahlbetonplatten herauszutrennenden Dichtigkeits-Versuchskörper lagen. Die Biegerotation konnte daher nur der Summe aller Rißwinkel θ_{\max} zugeordnet werden, während sich die Undichtigkeit vorzugsweise an einem einzelnen Riß als am größten erwies.

Daher wurden dem Bundesministerium für Städtebau und Wohnungswesen Ergänzungsprüfungen vorgeschlagen: Um einen besser gesicherten Zusammenhang zwischen Dichtigkeit und Grenzwert der Biegerotation zu finden, sollten weitere Stahlbetonplatten mit einem vorgegebenen Einzelriß in Feldmitte in einem abgeänderten statischen System geprüft werden. Die Ergänzungsprüfung sollte an vier Stahlbetonplatten erfolgen; je zwei Platten mit Stahl I und mit Stahl IIIb bewehrt, wobei Stahldurchmesser, Bewehrungsgehalt und Betongüte entsprechend den Plattentypen 1 und 5 des abgeschlossenen Forschungsauftrages zu wählen war. Bei der Biegebeanspruchung sollte wiederum jeweils eine minimale

Dicke der Biegedruckzone angestrebt werden. Die Gas- und die Wasserdichtigkeit der vier Platten war nach dem in den Hauptuntersuchungen angewendeten Verfahren zu prüfen.

Das Ziel der ergänzenden Versuche, die Biegerotation der Rißquerschnitte für den Fall des beginnenden Verlustes der Gas- und Wasserdichtigkeit genauer einzugrenzen, konnte von den nunmehr insgesamt 13 geprüften Platten nur bei den aus Platte 1.1, 1.2 und B herausgesägten Versuchskörpern erreicht werden, die sämtlich mit Stahl I bewehrt waren. Dieses Ergebnis bedeutet, daß im Schutzraumbau eine Bewehrung mit Stahl IIIb in Bezug auf Dichtigkeitsanforderungen zu bevorzugen ist.

Bei diesen drei Platten liegen folgende Verhältnisse im Hinblick auf die Biegerotation vor: Die Verdrehung zweier Querschnitte in Feldmitte, im Abstand von 10 cm, ist bei den Platten A und B mit $\varphi \leq 1,34 \cdot 10^{-2}$ rad deutlich größer als bei den Platten 1.2 bzw. auch 1.1. Daraus folgt, daß es bei den ergänzenden Versuchen gelungen ist, einen größeren Anteil der gesamten Biegeverformungen in Systemmitte zu erzeugen. Die aus den Dehnungen gemessenen Rotationswerte stimmen bei den Platten B und 1.2, die sich am durchlässigsten erwiesen, gut überein: Die Rotation für maximale Biegebeanspruchung bzw. nach anschließender Entlastung liegt zwischen $7 \cdot 10^{-2}$ und $10 \cdot 10^{-2}$ rad.

Zusammenfassend wird also geschlossen, daß zur Einhaltung der Gas- und Wasserdichtigkeit von Bauteilen, deren Abmessungen den der untersuchten Plattentypen entsprechen, eine maximale Biege-Gesamtrotation von $\theta_{\max} \leq 3 \cdot 10^{-2}$ rad, dagegen - auf einen einzelnen Rißquerschnitt bezogen - eine Rotation der Rißufer von maximal $\theta \approx 1 \cdot 10^{-2}$ rad erlaubt ist.

Durch die ergänzenden Untersuchungen wurde auch die bereits früher getroffene Feststellung, daß zur Gewährleistung der Gas- und Wasserdichtigkeit eine mindestens 3 cm dicke unbeschädigte Druckzone erhalten bleiben muß, bestätigt. Die Bedeutung der Rest-Betondruckzone scheint jedoch für mit Stahl I bewehrte Bauteile wegen des Auftretens klaffender Risse größer zu sein als für Bauteile, die mit gerippten Stählen bewehrt sind.

Braunschweig, den 21. Juli 1972

- St/Rö -

Inhalt	Seite
1. Aufgabenstellung und Versuchskonzeption	2
2. Literaturlauswertung	4
3. Statische Vorbelastung der Plattenstreifen	7
3.1 Versuchsdurchführung	7
3.2 Versuchsergebnisse	12
4. Untersuchung der Gas- und Wasserdichtigkeit	14
4.1 Versuchsdurchführung	14
4.2 Versuchsergebnisse	15
5. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse	17

Der Bericht enthält einen Anhang mit

4 Tabellen	von 2 bis 3 cm befreitet werden muß,
9 Diagrammen:	Anlage 1 bis 9
1 Literaturzusammenstellung:	Anlage 10

1. Aufgabenstellung und Versuchskonzeption

Die Gas- und Wasserdichtigkeit biegebeanspruchter Stahlbetonbauteile wurde 1969 bereits an zwölf Versuchsplatten studiert und über die Durchführung sowie die Ergebnisse dieser Untersuchungen - Az.: II A 9 - 81 07 05 - 135 - 1970 ein ausführlicher Bericht erstattet, dem die folgende gekürzte Zusammenfassung entnommen ist:

Aus Stahlbeton-Plattenstreifen mit den Abmessungen $l/b/d = 332/64/32$ cm, Bewehrung 0,24% (Stahl I) $< \mu < 0,64\%$ (Stahl IIIb) und Betondruckfestigkeiten zwischen 184 kp/cm^2 und 361 kp/cm^2 wurde nach einer statischen Vorbelastung, die zu einer maximalen Querschnittsrotation von etwa $0,03 \text{ rad} \approx 1,7^\circ$ bzw. zu einer maximalen Dicke der Biegedruckzone von etwa 2 cm führte, ein 1 m langes Versuchsstück entnommen und einer Gas- und Wasserdichtigkeitsprüfung unterworfen. Der anfängliche Überdruck und die Versuchsdauer betrugen bei der Prüfung der Gasdichtigkeit $500 \text{ mmWS} = 49,03 \text{ mb}$ bzw. etwa 8 Stunden, während die Wasserdichtigkeit bei $5 \text{ mWS} = 490,3 \text{ mb}$ über 24 Stunden untersucht wurde. Dichtigkeit wurde dann als gegeben angenommen, wenn trotz weit aufgerissener Zugzone keine stationäre Durchströmung der Versuchskörper eintrat. Es wurden insgesamt 10 Versuchskörper auf Dichtigkeit geprüft, von denen sich nur ein einziger, mit Stahl I bewehrter Versuchskörper als durchlässig erwies.

Die Untersuchungen ergaben, daß die statische Vorbelastung nicht zu einer Verletzung der Biegedruckzone führen darf, wenn die Gas- und Wasserdichtigkeit gewährleistet sein soll. Wird die Druckzone auch nur durch einen einzigen Haarriß verletzt, was bei einer Dicke von 2 bis 3 cm befürchtet werden muß, geht die Dichtigkeit spontan verloren. Im Versuch zeigte sich, daß dann der Luftdruckabfall von 500 mmWS auf 50 mmWS , der bei unbeschädigter Druckzone erst nach mehr als 12 Stunden eintritt, in 63 Sekunden erfolgt. Dem entspricht theoretisch eine Erhöhung der stationären Gasdurchströmung von $0,5 \text{ cm}^3/\text{s}$ auf $365 \text{ cm}^3/\text{s}$. Eine analoge Wirkung kann bei der Wasserdurchlässigkeit beobachtet werden: Während auf der Biegedruckseite unverletzte Versuchskörper in 8 Stunden nicht mehr als 4 Liter Wasser aufgenommen haben, die vermutlich zum größten Teil im Porengefüge gespeichert werden, flossen in der gleichen Zeit 187 l Wasser durch den Prüfkörper mit einem Haarriß in der Druckzone.

Aufgrund der bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse muß zur Gewährleistung der Gas- und Wasserdichtigkeit eine mindestens 3 cm dicke unbeschädigte Druckzone bei einer Betonstauchung von $\epsilon_{bmax} = 0,7 \epsilon_p \approx 1,5 \%$, gemessen über eine Basis von 200 mm Länge, d. h. eine maximale Querschnittsrotation von $\theta = 0,01$ rad bzw. $\theta' = 5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^{-1}$ gefordert werden. Unter diesen Annahmen ergibt sich eine Stahldehnung von $\epsilon_e = 13,5\%$ und somit ein Plastifizierungsgrad von $\epsilon_e/\epsilon_s = 13,5/1,31 \approx 10$. Eine derart starke Plastifizierung des Stahles wird nur in den wenigsten Fällen vor dem Bruch der biegebeanspruchten Stahlbetonbauteile zum Stillstand kommen. Daher lassen sich die Untersuchungsergebnisse auch wie folgt interpretieren: Gas- und Wasserdichtigkeit, d.h. die Vermeidung einer stationären Durchströmung, ist bei biegebeanspruchten Bauteilen mindestens solange gegeben, wie die statische Traglast gewährleistet ist. Prüfkörper, deren unbeschädigte Biegedruckzone unter den Versuchsbedingungen nur durchfeuchtet wird, gelten hierbei allerdings noch als dicht.

An der durchlässigen Stahlbetonplatte wurde festgestellt, daß die den Versuchskörper durchströmende Wassermenge - im Bereich bis etwa 5 mWS Druck - etwa mit dem Quadrat des Wasserdruckes zunimmt.

Das Wasser-Aufnahmevermögen (Speicherung) in der Zugzone aufgerissener, aber noch wasserdichter Stahlbetonbauteile läßt sich quantitativ befriedigend mit der Wassereindringzahl beschreiben. Bei den als gas- und wasserdicht eingestuften Versuchskörpern konnte weder eine Abhängigkeit der Wasseraufnahme bzw. der Luftdruckabnahme von der Biegerotation oder von der Dicke der unbeschädigten Druckzone noch ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Wasser- und Gasdichtigkeit hergestellt werden.

Diese Untersuchungsergebnisse konnten teilweise nicht befriedigen, da sich infolge der Belastung der Versuchsplatten mit einem in Feldmitte etwa konstanten Biegemoment, wie auch beabsichtigt, stets mehrere Risse ergaben, die jedoch zum Teil auch im Randbereich der nach dem Biegeversuch aus den Stahlbetonplatten herauszutrennenden Dichtigkeits-Versuchskörper lagen. Die Biegerotation konnte daher nur der Summe aller Rißwinkel θ_{max} zugeordnet werden,

während sich die Undichtigkeit vorzugsweise an einem einzelnen Riß als am größten erwies. Außerdem war nicht auszuschließen, daß außerhalb des für die Dichtigkeitsprüfung gewählten Plattenausschnittes noch breitere Risse vorhanden waren, die eine noch größere Undichtigkeit hätten bewirken können.

Daher wurde dem Bundesministerium für Städtebau und Wohnungswesen vom Auftragnehmer dieses Forschungsvorhabens die Durchführung von Ergänzungsprüfungen vorgeschlagen, über deren Ergebnisse nachfolgend berichtet wird. Um einen besser gesicherten Zusammenhang zwischen Dichtigkeit und Grenzwert der Biegerotation zu finden, sollten weitere Stahlbetonplatten mit einem vorgegebenen Einzelriß in Feldmitte in einem abgeänderten statischen System geprüft werden. Die Ergänzungsprüfung sollte an vier Stahlbetonplatten erfolgen; je zwei Platten mit Stahl I und mit Stahl IIIb bewehrt, wobei Stahldurchmesser, Bewehrungsgehalt und Betongüte entsprechend den Plattentypen 1 und 5 des abgeschlossenen Forschungsauftrages zu wählen war. Bei der Biegebeanspruchung sollte wiederum jeweils eine minimale Dicke der Biegedruckzone angestrebt werden. Die Gas- und die Wasserdichtigkeit der vier Platten war nach dem in den Hauptuntersuchungen angewendeten Verfahren zu prüfen.

2. Literatúrauswertung

Vom Bundesministerium für Städtebau und Wohnungswesen wurde erstmals bei der Vergabe eines Forschungsauftrages die Auflage erteilt, von der Dokumentationsstelle für Bautechnik in der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart, eine Literaturrecherche über das Thema des Forschungsvorhabens durchführen zu lassen. In dem entsprechenden Auftrag an die Dokumentationsstelle war darauf hingewiesen worden, daß nur Literatur der letzten 20 Jahre zu berücksichtigen sei und daß nicht die Literatur über die Gas- und Wasserdichtigkeit von Beton im allgemeinen interessiert, sondern vorzugsweise Arbeiten über die Dichtigkeit statisch vorbelasteter bzw. gerissener Betonbauteile zusammengestellt werden sollten. Insgesamt wurden von der Dokumentationsstelle für Bautechnik 62 Literaturzitate⁺⁾ ermittelt, davon 20 deutschsprachige, 19 in englischer, 11 in russischer, 4 in schwedischer, 3 in französischer, 2 in japanischer und je 1 in italienischer,

⁺⁾ Anlage 10 zu diesem Bericht

polnischer und tschechischer Sprache. Keine einzige Quellenangabe bezog sich auf das hier im engeren Sinne interessierende Thema der Dichtigkeit gerissener Betonbauteile. 41 Literaturangaben waren darüber hinaus ohne Bedeutung, weil sie entweder sachfremd (25), bereits bekannt (8) oder nicht beschaffbar bzw. kurzfristig nicht übersetzbar waren. Nur bei wenigen Zitaten waren Angaben beigelegt, die eine gewisse Voraussage über den Inhalt erlaubten.

Nach den Erfahrungen mit dieser Dokumentation scheint es also erforderlich zu sein, bei der Vergabe eines derartigen Auftrages das Thema noch wesentlich genauer abzugrenzen und insbesondere nicht nur die Thematik der gewünschten Literatur, sondern möglichst auch den Themenkreis des Unbrauchbaren anzugeben. Zum Beispiel waren hier überflüssige Arbeiten, solche die sich auf die Kennzeichnung der Wasserdurchlässigkeit von 28 Tage alten ungerissenen Betonen, die Wasserdampfdurchlässigkeit, die Bestimmung der Durchlässigkeit als Hilfsmittel zur Ermittlung der Porosität, das Austrocknungsverhalten von Beton, auf Zementmörtel anstelle auf Beton sowie auf andere Prüfbedingungen (viel höhere Drücke) bezogen.

Dessen ungeachtet ist die Literaturzusammenstellung wertvoll, weil sie bestätigt hat, daß das hier bearbeitete Thema bisher von keiner anderen Seite aufgegriffen wurde. Darüber hinaus sind durch das Literaturstudium eine Reihe von Gesichtspunkten zur Messung der Wasser- und insbesondere der Gasdichtigkeit bekannt geworden, die allerdings, soweit sie von Bedeutung sind, im vorliegenden Fall bereits Berücksichtigung gefunden hatten.

Die wichtigsten Ergebnisse der Literaturübersicht für Betone mit ungeschädigtem Gefüge sind nachfolgend zusammengestellt:

Die stationäre Durchlässigkeit wird am häufigsten mit dem Darcyschen Filtergesetz für die Permeabilität von Sandfiltern gegenüber Grundwasserströmungen beschrieben /6/10/15/16/24/53/:

$$q = k \frac{\Delta p}{d}$$

q: Wasserstrom = Durchflußmenge pro Flächen- und Zeiteinheit

Δp : Überdruck bzw. Druckgefälle

d: Schichtdicke bzw. Probendicke

k: Durchlässigkeitsziffer oder Permeabilität

log 1/k: Undurchlässigkeitskoeffizient /10/

Verwendet man anstelle der Permeabilität k die spezifische Durchströmbarkeit $k \cdot \eta$, so erhält man theoretisch Durchlässigkeitsziffern, die unabhängig vom fließenden Medium, Wasser oder Gas, sind /53/; η : Viskosität des strömenden Mediums, vgl. Hauptbericht Seite 29. In praxi besteht jedoch kein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Gas- und Wasserdichtigkeit. Vor allem deshalb nicht, weil die Gasdurchlässigkeit in starkem Maße vom Feuchtigkeitsgehalt des Betons abhängt /5/18/53/. Wird der Beton getrocknet, so ist die Gasdurchlässigkeit größer als die Wasserdurchlässigkeit; für nasse Betone gilt das Umgekehrte.

Die Ergebnisse für die Wasser-Durchlässigkeitsziffer liegen je nach Kornaufbau, Wasserzementwert und Lagerungsbedingungen der Betone zwischen 10^{-13} cm/s und 10^{-9} cm/s; bei stark durchlässigen Betonen reicht der Bereich bis zu $k \approx 2 \cdot 10^{-6}$ cm/s. Entsprechend sind für die Luftdurchlässigkeit Permeabilitäten zwischen $1,5 \cdot 10^{-6}$ cm/s und $1,5 \cdot 10^{-5}$ cm/s gefunden worden, und zwar für Betone, deren Wasserdurchlässigkeit an der unteren Grenze des angegebenen Wertebereichs liegt.

Von Huart /20/ ist die Gasdurchlässigkeit von Beton auf ganz ähnliche Weise, wie hier beschrieben, bestimmt worden, also durch Messung der Zeit für den Druckausgleich und Berechnung des Mengenstromes. Allerdings wurden 2 atü Überdruck aufgebracht und dann die Halbwertszeit für den Druckabfall bestimmt. Huart erhielt - umgerechnet auf den hier verwendeten Prüfdruck - bei ungerissenem Beton Abklingzeiten zwischen 3 und 180 Stunden, aus denen sich eine stationäre Durchlässigkeit ϕ zwischen $2 \cdot 10^{-3}$ und 10^{-1} cm³/s ergibt.

In der Arbeit von Nycander /4/ findet sich ein interessanter Hinweis auf die Druckabhängigkeit der Durchlässigkeit. Es wird mitgeteilt, daß in Abhängigkeit vom Druckgefälle Δp gilt:

$$q = K (\Delta p + \frac{1}{8} \Delta p^2),$$

wobei das lineare Darcysche Gesetz eine Näherung für kleine Drücke darstellt, hingegen die quadratische Abhängigkeit für größere Drücke gelten soll. Die

Gesetzmäßigkeit $q \sim \Delta p^2$ wurde auch bei den hier angestellten Versuchen bei relativ kleinen Drücken gefunden, vgl. Hauptbericht Anlage 10. Von Nycander wird die quadratische Druckabhängigkeit auf eine elastische Dehnung der Kanalquerschnitte zurückgeführt und damit eine ähnliche Erklärung wie von uns gegeben, vgl. Hauptbericht, Abschn. B 4.3.

Tyler, Erlin /24/ sowie Valenta /65/ haben sich mit dem instationären Wasseraufnahmeprozess vor Beginn des stationären Durchflusses besonders befaßt. Insbesondere hat Valenta gezeigt, daß sich eine Beziehung zwischen Durchlässigkeitsziffer k und Wassereindringzahl A herstellen läßt. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse konnte daraus nachträglich für die hier untersuchten Betone eine Durchlässigkeitsziffer $k \approx 5 \cdot 10^{-8}$ cm/s ermittelt werden. Dieser Wert liegt nahe der unteren o.a. Bereichsgrenze und ist für die hinsichtlich der Wassereindringtiefe mittelmäßigen Betone der Versuchsplatten als wahrscheinlich anzusehen.

Abschließend ist ferner zu erwähnen, daß auch Valenta /65/ vorschlägt, zur Kennzeichnung der Wasserdichtigkeit anstelle der bisher üblichen Eindringtiefe - in der BRD nach DIN 1048 ermittelt - eine physikalische Größe, nämlich die Permeabilität k bzw. die ihr proportionale Wassereindringzahl A , zu verwenden. Ein gleichlautender Vorschlag ist im Hauptbericht vorgetragen worden, vgl. Seite 40, und war 1970 Anlaß zu einem Forschungsantrag an das Bundesministerium für Städtebau und Wohnungswesen.

3. Statische Vorbelastung der Plattenstreifen

3.1 Versuchsdurchführung

Die Versuchsplatten wurden im Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig entsprechend den Platten Nr. 1.1 bis 1.4 bzw. 5.1 und 5.2 des Hauptprogrammes hergestellt. Demgemäß wurden zwei der Platten (A und B) mit Stahl I, 4 \emptyset 16 mm, Bewehrungsgehalt $\mu_e = 0,42$ % und die beiden anderen Platten (C und D) mit Stahl IIIb, 4 \emptyset 12 mm, Bewehrungsgehalt $\mu_e = 0,24$ %, bewehrt. Die Bewehrungsführung ist auf Anlage 1 dargestellt.

Es wurde ein Beton der Güte Bn 250 angestrebt. Die Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe entsprach dem besonders guten Bereich nach DIN 1045alt. Bei der Herstellung der Versuchsbalken wurden jeweils Gütewürfel (Kantenlänge 20 cm) und Betonbalken (Abmessungen 10 cm x 10 cm x 50 cm) mitbetoniert, an denen die Druckfestigkeit, die Prismenfestigkeit und der Elastizitätsmodul des erhärtenden Betons festgestellt wurde.

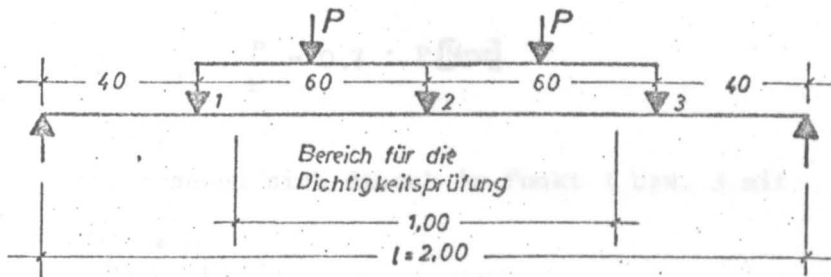
Betontechnologische Daten:

Mischungsverhältnis Z:K:W	1:9,08:0,87
Zementgehalt	217 kg/m ³
Zuschlagstoffe	
der Korngruppen 0/1	9,6 Gew.-%
1/3	25,4 Gew.-%
3/7	19,0 Gew.-%
7/15	29,0 Gew.-%
15/30	17,0 Gew.-%
Frischbetonrohddichte	
Platten A und B	2,38 kg/dm ³
Platten C und D	2,37 kg/dm ³
Ausbreitmaß	
Platten A und B	34, 5 cm
Platten C und D	35, 2 cm
Verdichtungsmaß	
Platten A und B	1,12
Platten C und D	1,13
Betondruckfestigkeit	
Platten A und B nach 28/140 Tagen	289/329 kp/cm ²
Platten C und D nach 28/132 Tagen	292/311 kp/cm ²
Elastizitätsmodul	
Platten A und B	301 200 kp/cm ²
Platten C und D	299 700 kp/cm ²

Die Versuchsplatten sollten unter der statischen Vorbelastung soweit verformt werden, daß sich in dem für die Dichtigkeitsprüfungen vorgesehenen Bereich möglichst nur ein einziger Riß öffnete. Anfangs wurde deshalb von einer Belastung in Plattenmitte mit einer Einzellast P ausgegangen. Andere Untersuchungen ergaben aber, daß sich die beim Aufreißen eines Betonbalkens einstellenden Verformungen (Durchbiegung in Feldmitte) unkontrollierbar schnell vergrößern; daher wurde das im folgenden Bild dargestellte Belastungssystem für den Einfeldträger mit der Stützweite $l = 2,00$ m gewählt:

Zwei Einzellasten P wurden dabei über frei beweglichen Lastverteilungsbalken so aufgebracht, daß in Balkenmitte die Last $2 \times P/2 = P$ und die Lasten $P/2$ jeweils in einem Abstand von $0,4 \text{ m}$ vom Auflager entfernt angriffen. Hierdurch sollten die unter diesen außenliegenden Lasten möglicherweise auftretenden Risse auch außerhalb des für die Durchlässigkeitsprüfungen vorgesehenen Bereiches bleiben.

System und Lastbild



Hierbei ergeben sich folgende Beanspruchungen:

1. Moment infolge des Eigengewichtes

$$(g = 0,64 \times 0,32 \times 2,4 = 0,492 \text{ Mp/m})$$

$$M_{g_x} = g \cdot x \cdot \frac{(1-x)}{2} ;$$

im Punkt 1 bzw. 3 $M_{g_1} = 0,157 \text{ Mpm}$, in Feldmitte (bei Vernachlässigung der 15 cm langen Balkenüberstände)

$$M_{g_{Fm}} = g \cdot \frac{l^2}{8} = 0,492 \cdot 2^2 / 8 = 0,246 \text{ Mpm}$$

2. Moment infolge der Belastungseinrichtung

$$(\text{Lastverteilungsträger: } L_1 = L_3 = 48,5 \text{ kp})$$

$$L_2 = 57,6 \text{ kp}$$

$$A = B = 77,3 \text{ kp}$$

im Punkt 1 bzw. 3

$$M_{L_1} = 0,0773 \cdot 0,4 = 0,031 \text{ Mpm}$$

in Feldmitte

$$M_{L_{Fm}} = 0,0773 - 48,5 \cdot 0,6 = 0,048 \text{ Mpm}$$

3. Momente infolge der Einzellasten P [Mp]

$$M_p = P \cdot x - \frac{P}{2} (x - 0,4) \quad (x \geq 0,4 \text{ m})$$

im Punkt 1 bzw. 3

$$M_{p_1} = 0,4 P$$

in Feldmitte

$$M_{p_{Fm}} = 1,0 P - 0,6 \cdot \frac{P}{2} = 0,7 \cdot P \text{ [Mpm]}$$

Die Biegemomente ergeben sich danach im Punkt 1 bzw. 3 mit

$$M_1 = M_{g_1} + M_{L_1} + M_{p_1}$$

$$= 0,157 + 0,031 + 0,4 \cdot P$$

$$M_1 = 0,188 + 0,4 P \text{ [Mpm]}$$

in Feldmitte

$$M_{Fm} = M_{g_{Fm}} + M_{L_{Fm}} + M_{p_{Fm}}$$

$$= 0,246 + 0,048 + 0,7 P$$

$$M_{Fm} = 0,294 + 0,7 \cdot P \text{ [Mpm]}$$

Um die Rißbildung gezielt in Plattenmitte zu erhalten, wurde ein Trennblech auf die Bewehrungsstähle gestellt, das während der Erhärtung des Betons herausgezogen wurde.

Bei der Versuchsdurchführung wurden folgende Größen gemessen:

1. Durchbiegung in den drei Lastangriffspunkten, in Plattenmitte und im Abstand von 0,4 m von jedem Auflager mit 1/100 mm - Meßuhren.
2. Verdrehung der Platte an den Auflagern, jeweils 40 cm oberhalb der Lage mit 1/100 mm - Meßuhren.
3. Biegerotation als gegenseitige Verdrehung zweier Plattenquerschnitte in Feldmitte an beiden Seitenflächen - Meßbasis 10 cm - mit je vier Meßuhren, Teilung 1/100 mm.
4. Betonstauchungen und Stahldehnungen in Plattenmitte mit Dehnungsmeßstreifen (DMS).

Zwei DMS waren am gedrückten Rand, je 1 DMS an jeder Balkenseite, 3 cm vom gedrückten Rand entfernt, aufgeklebt, acht DMS waren paarweise seitlich an den Betonstählen angebracht worden. Die Messungen wurden mit einem Hottinger-Meßschrank vorgenommen und mit einem Kienzle-Drucker registriert.

Die Anordnung der Meßstellen sowie weitere Einzelheiten zur Versuchsdurchführung können Anlage 2 entnommen werden.

Die Belastung der Versuchsplatten wurde mit hydraulisch gesteuerten Einzelprüfzylindern in Laststufen von 1 Mp aufgebracht. Etwa 2 Minuten nach Erreichen jeder Laststufe wurden die Verformungen abgelesen. Sobald sich an den gemessenen Verformungen zeigte, daß die Betonbiegedruckzone nur noch etwa 6 cm hoch war, wurde die Grenzbelastung in kleineren Laststufen angesteuert.

Das in die Platten einbetonierte 100 mm breite Trennblech hat sich bewährt. Zwar war infolge der örtlichen Störungen durch das Blech das erste Aufreißen der Betonzugzone nicht zu erfassen; dies konnte jedoch unbeachtet bleiben, weil bevorzugt die Aufgabe gestellt war, die kleinstmögliche, die Resttragfähigkeit unter Eigengewicht kennzeichnende Betondruckzone zu erreichen.

3.2 Versuchsergebnisse

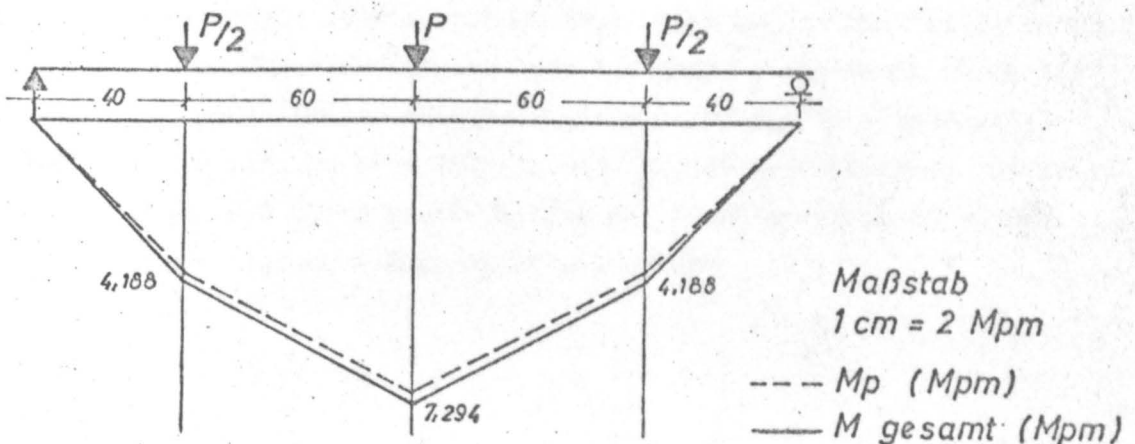
Die unter den einzelnen Laststufen erzielten Beanspruchungen sowie die zugehörigen Verformungen sind im einzelnen nicht wiedergegeben worden. In Tabelle 1 sind für die vier Versuche

die größten Biegemomente und die Biegemomente nach der Entlastung
die Betonstauchungen ϵ_b ,
die Stahldehnungen ϵ_e ,
die Nutzhöhen der Platten h und
die Dicken der Betondruckzonen x
eingetragen.

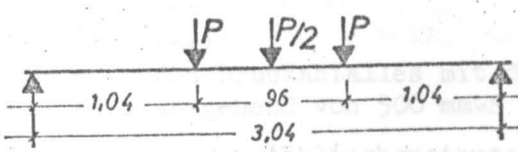
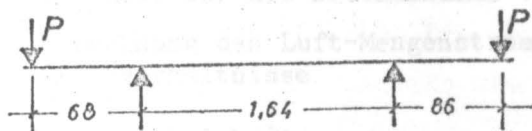
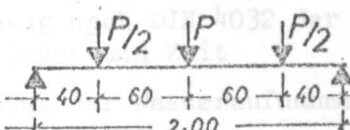
Der Momentenverlauf und die zugehörige Dicke der Biegedruckzone sind für die Platten A und B auf Anlage 3 und für die Platten C und D auf Anlage 4 dargestellt.

Beim Versuch A wurde unter dem angegebenen Größtmoment eine schnelle Abnahme der Biegedruckzone und bei langsamer Entlastung ein Weiterreißen des Betons bis zur Trennung des Plattenquerschnitts beobachtet; diese Platte war damit für die Dichtigkeitsprüfung ausgefallen. Bei den Versuchen B bis D konnte jedoch die Biegedruckzone in allen Fällen unversehrt erhalten werden.

In Tabelle 2 sind einzelne unter Abschnitt 3.1 beschriebenen Meßgrößen nach den in Anlage 2 angegebenen Gleichungen ausgewertet worden. Im folgenden Bild wird der Momentenverlauf unter der größten Beanspruchung von $P = 10 \text{ Mp}$ grafisch dargestellt.



Beim Vergleich der im 1. Bericht beschriebenen Versuche der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) sind dem Institut für Baustoffkunde und Stahlbetonbau der Technischen Universität Braunschweig IBS 1 mit den hier beschriebenen Versuchen IBS 2 müssen die unterschiedlichen Lastsysteme berücksichtigt werden.

Versuch	Lastsystem	Moment unter Belastung P in Feldmitte	Durchbiegung
BAM		$1,42 P$	$1,306 \cdot \frac{P}{EJ}$
IBS 1		$0,68 P$	$-0,2285 \frac{P}{EJ}$
IBS 2		$0,70 P$	$0,261 \frac{P}{EJ}$

Es ist aus dieser Gegenüberstellung zu erkennen, daß die Beanspruchung der Platten und die Durchbiegungen der Versuche IBS 1 und IBS 2 in erster Annäherung gleich gesetzt werden können; die für die ergänzenden Untersuchungen gewählte Versuchsanordnung gestattet aber, eine gezielte Rißöffnung in Plattenmitte einfacher zu erreichen.

4. Untersuchung der Gas- und Wasserdichtigkeit

4.1 Versuchsdurchführung

Die Prüfung der Gas- und Wasserdichtigkeit der drei Versuchskörper B, C und D wurde auftragsgemäß wie bei den Hauptuntersuchungen durchgeführt, vgl. diesbezüglichen Abschlußbericht. Es wurde insbesondere derselbe Prüfstand verwendet und dieselben Prüfparameter ermittelt:

A Gasdichtigkeit

1. Messung des Druckabfalles mit der Zeit $\Delta L_p (\Delta t)$ im Prüfraum in dB/h, ausgehend von 500 mmWS Überdruck p
2. Bestimmung der Abklingkonstanten τ für den Druckabfall;
 τ = Zeit für die Druckabnahme von p_0 auf p_0/e
3. Berechnung des Luft-Mengenstromes Φ unter der Annahme stationärer Druckverhältnisse

B Wasserdichtigkeit

1. Messung nach DIN 4032 der aufgenommenen Wassermenge in Abhängigkeit von Druck und Zeit
2. Messung der Wasseraufnahme in 8 und 24 Stunden unter 5 mWS-Wasserdruck
3. Bestimmung der Wassereindringzahl
4. Beschreibung der Wasserdurchlässigkeitsstufen in Anlehnung an DIN 1048

Die Prüfung der Gasdichtigkeit, durchgeführt mit Druckluft, erfolgte wiederum zuerst, wobei naturgemäß keine besonderen Beobachtungen zu machen waren. Bei der anschließenden Wasserdichtigkeitsprüfung wurden folgende Feststellungen an den einzelnen Versuchskörpern getroffen:

Versuchskörper B:

Bereits beim Füllen des Druckbehälters trat eine Durchfeuchtung an der Unterseite des Versuchskörpers auf, was aufgrund der vorliegenden Erfahrungen auf eine angerissene Biegedruckzone schließen läßt. Nach kurzer Zeit bildeten sich erste Tropfen (+ Wasserdurchlässigkeitsstufe 4). Unter 5 mWS-Druck wurde der Prüfkörper in Form eines Tropfenabfalles in rascher Folge "durchströmt"; der Durchsatz betrug anfangs etwa 0,7 l/h. Die Breite des undichten Streifens unter dem klaffenden Riß der Zugseite betrug ca. 5 cm; ein Haarriß in der Druckzone war hierbei jedoch selbst nicht erkennbar.

Dieser erste Versuch mußte nach 8 Stunden wegen Undichtigkeiten an der Haube des Prüfstandes abgebrochen werden. Im zweiten Versuch, der erst nach oberflächlicher Abtrocknung des Versuchskörpers nach sieben Tagen eingeleitet wurde, erwies sich der Versuchskörper erwartungsgemäß (durch Nachhydratation im Reißbereich) als weniger durchlässig, jedoch noch immer als undicht.

Versuchskörper C:

Der Versuchskörper ließ keine Durchlässigkeit erkennen. Für die Wassereindringzahl wurde der kleinste Wert aller 13 geprüften Platten ermittelt.

Versuchskörper D:

Nach 24 Stunden kam es nach vorangegangener Durchfeuchtung zur Tropfenbildung unter dem Reißbereich in etwa 8 cm Breite, nach 50 Stunden in etwa 12 cm Breite. Ein stetiger Tropfen-"Fluß", ähnlich wie bei Prüfkörper B, war jedoch nicht festzustellen.

Wie dem Auftraggeber bereits vorab mitgeteilt wurde, bereitete die Abdichtung des Prüfstandes in zunehmendem Maße Schwierigkeiten, vgl. Prüfung am Versuchskörper B. Mit Abschluß dieser Untersuchungen ist der Prüfstand praktisch unbrauchbar geworden und müßte bei einer Fortführung des Forschungsvorhabens erneuert werden.

4.2 Versuchsergebnisse Platten B bis D ergänzt worden und Messung der Luft-

Die zahlenmäßigen Ergebnisse der Gas- und Wasserdichtigkeitsprüfungen sind in den Tabellen 3 und 4 zusammengestellt, der Luft-Druckabfall infolge der Versuchskörperdurchlässigkeit sowie die aufgenommene Wassermenge in Abhängigkeit von der Zeit in den Anlagen 5 bis 7 als Diagramme wiedergegeben. Die an den drei ergänzend zu den Hauptuntersuchungen geprüften Platten gewonnenen Ergebnisse interessieren vorwiegend im Vergleich zu denen der ersten Untersuchungen. Eine Gegenüberstellung der Tabellen 2 und 3 mit den Tabellen 1 und 2 in Teil B des Hauptberichts läßt folgendes erkennen:

1. Die mit Stahl I bewehrte Platte B zeigt - neben der Platte 1.2 - die weitaus größte Luft- und Wasserdurchlässigkeit.
2. Von den mit Stahl IIIb bewehrten Platten wurde an Platte C die größte Luftdichtigkeit gemessen, dagegen bewegt sich die Wasseraufnahme, ähnlich wie die von Platte D, in der Größenordnung der Wasseraufnahme der Platten 5.1 und 5.2 bzw. auch 4.1. Die ergänzenden Untersuchungen haben also keine neuen Erkenntnisse für die mit Stahl IIIb bewehrten Platten erbracht.

Im übrigen liegen die Werte aller in den Ergänzungsuntersuchungen ermittelten Meßgrößen in dem Bereich, der durch den ersten Untersuchungsabschnitt vorgegeben war.

In Anlage 6 ist die Wasseraufnahme von Versuchskörper P über \sqrt{t} aufgetragen worden. Es ist bemerkenswert, daß nach Abzug der durch den Prüfkörper geflossenen Wassermenge eine nahezu lineare Funktion $V = A \sqrt{t}$ für die vom Beton aufgesaugte Wassermenge übrigbleibt, wobei die Wassereindringzahl - ausgedrückt durch die Steigung der Geraden - den früher ermittelten Werten entspricht. Besonders auffällig ist diese Eigenschaft beim zweiten Versuch sichtbar geworden. Innerhalb der ersten 9 Stunden war ausschließlich ein Wassersaugvorgang ohne stationäre Durchströmung vorhanden und erst danach trat erneut eine Durchlässigkeit auf. Nach Abzug des Wasserdurchsatzes ergab sich dieselbe Eindringzahl wie für den Anfangszeitraum des Versuches, vgl. auch Tabelle 2. Dieses Ergebnis weist auf die Möglichkeit hin, Durchlässigkeit und Aufnahmevermögen zu trennen und steht damit im Gegensatz zu älteren Untersuchungen von Walz /15/, nach denen es keine eindeutige Beziehung zwischen Wasseraufnahme und Wasserdurchlässigkeit geben soll.

Aufgenommene Wassermenge und Wassereindringzahl sind auf Anlage 16 des Hauptberichtes der berechneten Luftdurchlässigkeit für den stationären Zustand (Gasmenge ϕ) gegenübergestellt worden. Dieses Diagramm ist mit den Meßwerten für die Platten B bis D ergänzt worden und diesem Bericht als Anlage 8 beigelegt. Wie man erkennt, fügen sich die neuen Werte gut in das Feld der vorhandenen ein, so daß auch das Ergebnis dieser Zuordnung erhalten bleibt: Es besteht kein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen Gas- und Wasserdichtigkeit.

In gleicher Weise wurde Anlage 17 des ersten Berichts mit den neuen Meßergebnissen ergänzt, vgl. hier Anlage 9. Es wurden also insbesondere wieder Wassereindringzahl A, aufgenommene Wassermenge V_8 und V_{24} sowie Luftmenge ϕ als Funktion der maximalen Querschnittsrotation aufgefaßt. Die Biegerotation ϑ_{\max} ist während der statischen Belastung der Platten gemessen worden, dagegen bei den Dichtigkeitsprüfungen der Versuchskörper nicht mehr vorhanden gewesen, vgl. Tabelle 2 - Werte nach Entlastung. Trotzdem ist diese Gegenüberstellung sinnvoll, sofern sich dieser Größtwert auf den Rißbereich bezieht, da die nichtreversiblen Zerstörungen des

Betongefüges, die die Dichtigkeit vermindern, vom Größtwert der Biegerotation abhängen dürften. Die Frage, welcher Rißwinkel - α , ϕ , γ oder ϑ - der Dichtigkeit zugeordnet werden muß, ist solange irrelevant, wie die Dichtigkeit von der Biegerotation unabhängig ist, vgl. Anlage 9, oberes und mittleres Diagramm.

Hinsichtlich der Luftdurchlässigkeit scheint sich aufgrund der neu hinzugekommenen Meßwerte bei intakter Druckzone eine lineare Zunahme mit der Querschnittsrotation zu bestätigen. Bei beschädigter Druckzone wächst dagegen die Durchlässigkeit spontan stark an. Mit Luftdurchsatz muß daher auch bei geringen Querschnittsrotationen, das heißt unterhalb des Tragfähigkeitsverlustes der Platten, gerechnet werden.

5. Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse

Ziel der ergänzenden Versuche an weiteren vier Stahlbetonplatten war es, die Biegerotation der Rißquerschnitte für den Fall des beginnenden Verlustes der Gas- und Wasserdichtigkeit genauer einzugrenzen. Der angestrebte Grenzfalle trat von den nunmehr insgesamt 13 geprüften Platten nur bei den aus Platte 1.1, 1.2 und B herausgesägten Versuchskörpern auf, die sämtlich mit Stahl I bewehrt waren. Dieses Ergebnis bedeutet, daß im Schutzraumbau eine Bewehrung mit Stahl IIIb in Bezug auf Dichtigkeitsanforderungen zu bevorzugen ist.

Bei diesen drei Platten liegen folgende Verhältnisse im Hinblick auf die Biegerotation vor: Die Verdrehung zweier Querschnitte in Feldmitte, im Abstand von 10 cm, ist bei den Platten A und B mit $\varphi \leq 1,34 \cdot 10^{-2}$ rad deutlich größer als bei den Platten 1.2 bzw. auch 1.1. Daraus folgt, daß es bei den ergänzenden Versuchen gelungen ist, einen größeren Anteil der gesamten Biegeverformungen in Systemmitte zu erzeugen. Die aus den Dehnungen gemessenen Rotationswerte stimmen bei den Platten B und 1.2, die sich am durchlässigsten erwiesen, gut überein: Die Rotation für maximale Biegebeanspruchung bzw. nach anschließender Entlastung liegt zwischen $7 \cdot 10^{-2}$ und $10 \cdot 10^{-2}$ rad.

Zusammenfassend wird also geschlossen, daß zur Einhaltung der Gas- und Wasserdichtigkeit von Bauteilen, deren Abmessungen den der untersuchten Plattentypen entsprechen, eine maximale Biege-Gesamtrotation von $\vartheta_{\max} \leq 3 \cdot 10^{-2}$ rad, dagegen - auf einen einzelnen Rißquerschnitt bezogen - eine Rotation der Rißufer von maximal $\vartheta \approx 1 \cdot 10^{-2}$ rad erlaubt ist.

Durch die ergänzenden Untersuchungen wurde auch die bereits früher getroffene Feststellung, daß zur Gewährleistung der Gas- und Wasserdichtigkeit eine mindestens 3 cm dicke unbeschädigte Druckzone erhalten bleiben muß, bestätigt. Die Bedeutung der Rest-Betondruckzone scheint jedoch für mit Stahl I bewehrte Bauteile wegen des Auftretens klaffender Risse größer zu sein als für Bauteile, die mit gerippten Stählen bewehrt sind.

Braunschweig, den 21. Juli 1972

- St/Rö -

A N H A N G

Tabelle 1: Meßergebnisse für die maximale Beton- und Stahldehnung sowie die Höhe der Druckzone

Tabelle 2: Meßergebnisse für die gemessene Querschnittsrotation

Tabelle 3: Ergebnisse der Gasdichtigkeitsprüfungen

Tabelle 4: Ergebnisse der Wasserdichtigkeitsprüfung

Anlage 1: Bewehrungsplan

Anlage 2: Belastungsanordnung und Meßgrößen

Anlage 3: Biegemoment für die Platten A und B

Anlage 4: Biegemoment für die Platten C und D

Anlage 5: Ergebnisse der Gasdichtigkeitsprüfung

Anlage 6: Ergebnisse der Wasserdichtigkeitsprüfung - Versuchskörper B

Anlage 7: Ergebnisse der Wasserdichtigkeitsprüfung - Versuchskörper C und D

Anlage 8: Wasserdichtigkeit im Verhältnis zur Gasdichtigkeit

Anlage 9: Dichtigkeit als Funktion der maximalen Querschnittsrotation

Anlage 10: Literaturbericht der Dokumentationsstelle für Bautechnik u.a.
Literatur

Tabelle 1: Meßergebnisse für die maximale Beton- und Stahldehnung sowie die Höhe der Druckzone

Versuchsplatte	Biegemoment M	Beton- stauchung ϵ_b	Stahl- dehnung ϵ_e	Platten- dicke h	Dicke der Druckzone x
-	Mpm	°/°	°/°	cm	cm
A	7,119 7,294	1,221 Bruch	2,680 Bruch	29,7 Bruch	9,30 Bruch
B	7,294 0,294	2,712 1,280	16,991 15,296	29,7 29,7	4,08 2,29
C	5,744 0,294	0,744 0,242	3,993 2,128	29,9 29,9	4,66 3,05
D	6,174 0,294	1,033 0,436	8,536 5,829	29,9 29,9	3,21 2,07

Bemerkung: Nach Augenschein war die Biegedruckzone in den Fällen B bis D unversehrt!

Tabelle 2: Meßergebnisse für die gemessene Querschnittsrotation

Versuchsplatte	Biegemoment M	R O T A T I O N ⁺⁺⁾				
		Festes Lager	Rollenlager	Verdrehung	Verformung	Größtwert
		$\text{tg } \alpha_F$	$\text{tg } \alpha_R$	$\text{tg } \varphi$	$\text{tg } \gamma$	$\theta = \alpha_F + \alpha_R$
-	Mpm	-	-	-	-	rad
A	7,119 7,294	0,00542 Bruch	0,00835 Bruch	0,00357 Bruch	0,00197 Bruch	0,01377 Bruch
B	7,294 0,294 +)	0,01532 0,01191	0,01743 0,01244	0,01338 0,01201	0,00997 0,00838	0,03275 0,02435
C	5,744 0,294 +)	0,00501 0,00041	0,00524 0,00056	0,00132 0,00041	0,00239 0,00119	0,01025 0,00097
D	6,174 0,294 +)	0,00743 0,00259	0,00812 0,00275	0,00205 0,00129	0,00483 0,00316	0,01555 0,00534

+) verbleibendes Moment nach Entlastung infolge Eigengewicht und Gewicht der Belastungseinrichtung

++) Bedeutung der Meßgrößen s. Anlage 2

Tabelle 3: Ergebnisse der Gasdichtigkeitsprüfung

Versuchskörper	Bewehrung	Betonalter z.Zt. der Prüfung Tage	Druckabfall bei einem Überdruck von jeweils						Abklingkonstante τ bei 500 mmWS h	Mengenstrom ϕ bei 500 mmWS cm ³ /s
			500 mmWS		320 mmWS	200 mmWS	125 mmWS	80 mmWS		
			$\Delta L_p / \Delta t$ dB/h	ca. Prüfdauer h	$\Delta L_p / \Delta t$ dB/h	$\Delta L_p / \Delta t$ dB/h	$\Delta L_p / \Delta t$ dB/h	$\Delta L_p / \Delta t$ dB/h		
B	4 ϕ 16, I	174	18,3	0,2	18,7	16,5	17,6	19,3	0,473	5,87 ⁺⁾
C	4 ϕ 12, IIIb	113	0,20	1,0	-	-	-	-	43,4	0,064
D	4 ϕ 12, IIIb	154	0,45	2,3	0,40	0,40	0,12	0,20	19,3	0,144

⁺⁾ $\phi = 5,87 \text{ cm}^3/\text{s}$ entspricht $\phi' = 21,1 \text{ l/h}$. Durch Umrechnung - Berücksichtigung der Viskosität von Wasser - ergibt sich ein rechnerischer Wasserdurchfluß von $\phi_{\text{H}_2\text{O}} = 0,38 \text{ l/h}$, der gut mit den Meßwerten

für die Wasserdurchlässigkeit von Prüfkörper B, 1. Versuch, übereinstimmt.

Fußnoten und Bemerkungen:

1) Verformung der Prüfhaube eliminiert

2) Die Wasserdurchlässigkeit nach DIN 1045 wurde im Prüfkörper bestimmt, die aus den abgetrennten Fragmenten der Versuchsplatte D herausgesägt wurden. Die Wassereindringtiefe wurde hierbei zu 5,3 und 10 cm ermittelt.

3) Durchfluß in 3 Std. : 4 l (abnehmend von 0,7 l/h auf 0,35 l/h)

4) nach Abzug der durch den Prüfkörper geflossenen Wassermenge; im zweiten Versuch für den im Kern noch nassen, rel. nichten

Tabelle 4: Ergebnisse der Wasserdichtheitsprüfung

Versuchskörper	Bewehrung	Betonalter z.Zt. der Prüfung	drucklos aufgenommene Wassermenge		nach DIN 4032 ¹⁾ aufgenommene Wassermenge in l			aufgenommene Wassermenge in l nach		Wassereindringzahl $1/\sqrt{h}$		Wasserdurchlässigkeits- Stufe	Bemerkungen
					Zeit Std.	Menge l	1 mWS	3 mWS	5 mWS	8 Std.	24 Std.		
B	4φ16, I	181	20	0,850	1,35		0,06	7,3	-	1,05 ⁴⁾	-	6	3
		188	-	-	0,47	1,02	1,51	3,1	6,3	0,50 ⁴⁾	-	6	5
C	4φ12, IIIb	117	65		1,58	0,08	<0,00	4,3	4,9	1,45	0,29	1	
D	4φ12, IIIb	160	15	0,200	1,05	0,32	0,18	4,4	5,3	2,35	0,45	4	2

Fußnoten und Bemerkungen:

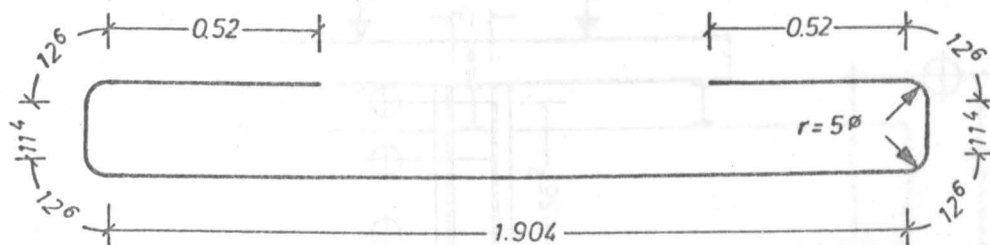
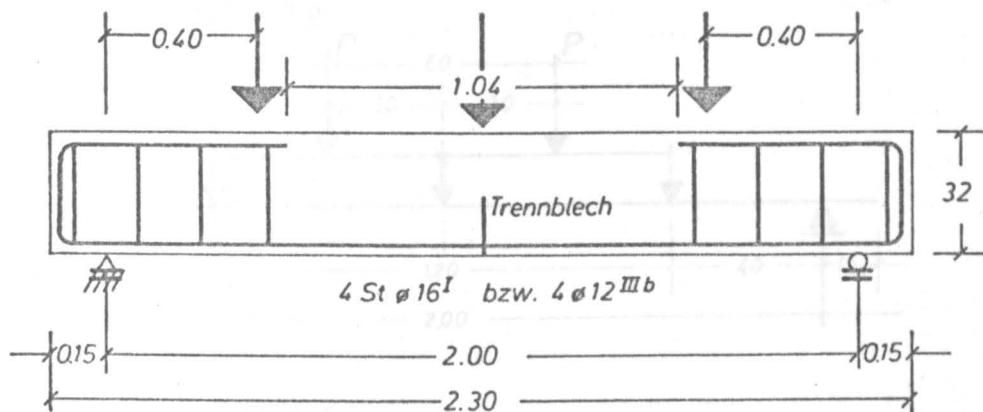
1) Verformung der Prüfhaube eliminiert

2) Die Wasserundurchlässigkeit nach DIN 1048 wurde an Prüfkörpern bestimmt, die aus den abgetrennten Kragarmen der Versuchsplatte D herausgesägt wurden. Die Wassereindringtiefe wurde hierbei zu 6,3 und 10 cm ermittelt.

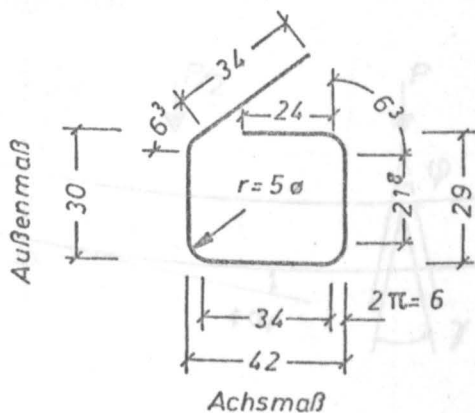
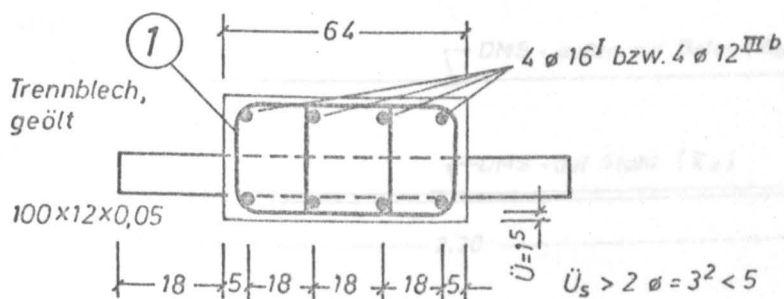
3) Durchfluß in 8 Std. : 4 l (abnehmend von 0,7 l/h auf 0,35 l/h)

4) nach Abzug der durch den Prüfkörper geflossenen Wassermenge; im zweiten Versuch für den im Kern noch nassen, rel. dichten Prüfkörper

5) Durchfluß in 101 Std. : 8,2 l (abnehmend von 0,14 l/h auf 0,061 l/h)



Anzahl 2x4 Stück $\varnothing 16^I$; $L = 2.87m$
 2x4 Stück $\varnothing 12^{IIIb}$; $L = 2.87m$

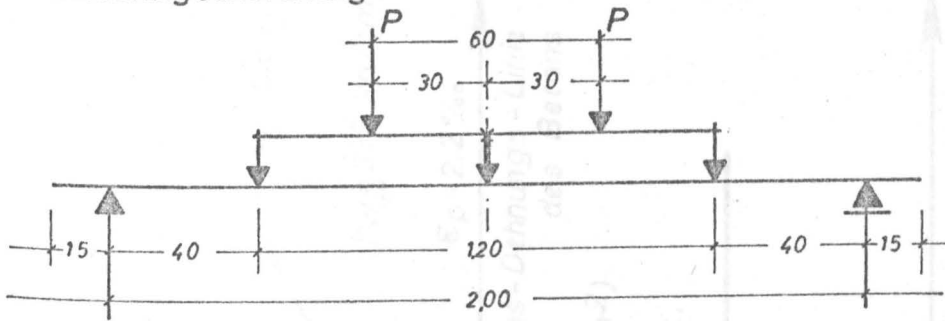


1 je 32 Bügel $\varnothing 8^I$ bzw. $\varnothing 8^{IIIb}$
 $L = 160cm$, 4-schnittig
 $a = 20cm$

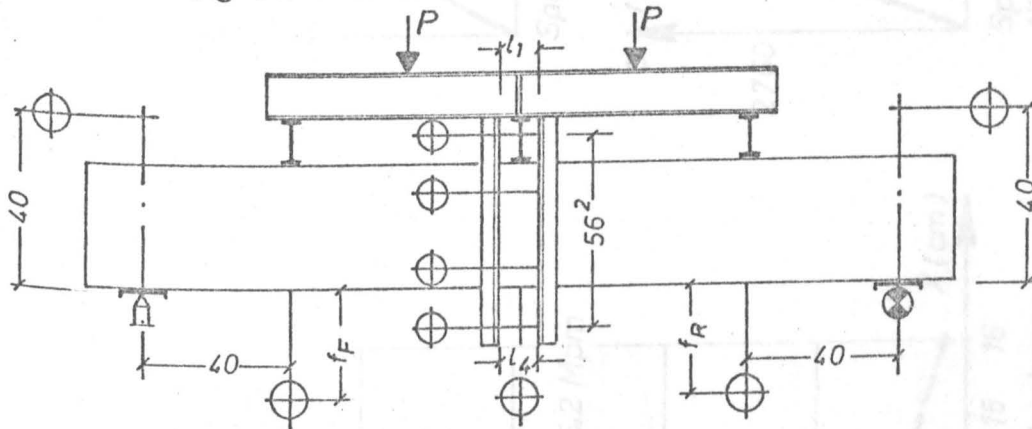
Bewehrungsplan

Anlage 2
 Anlage 1

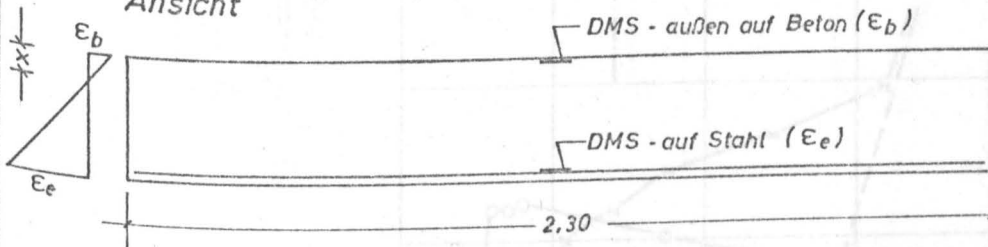
Belastungsanordnung



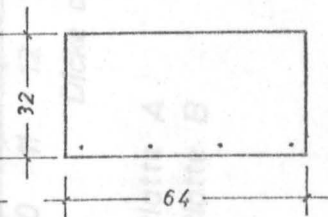
Anordnung der Meßuhren



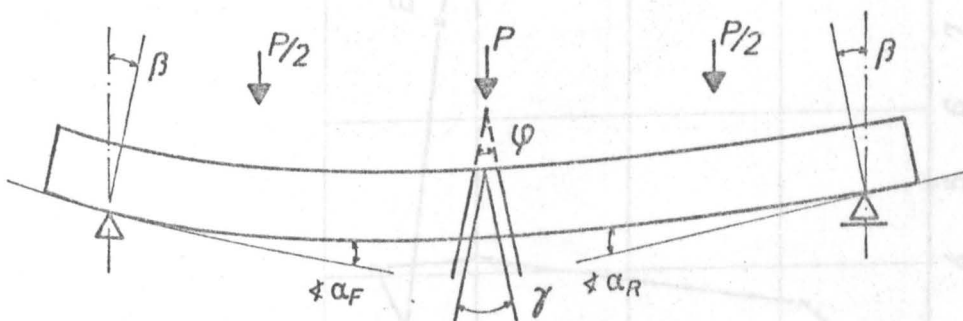
Ansicht



Schnitt



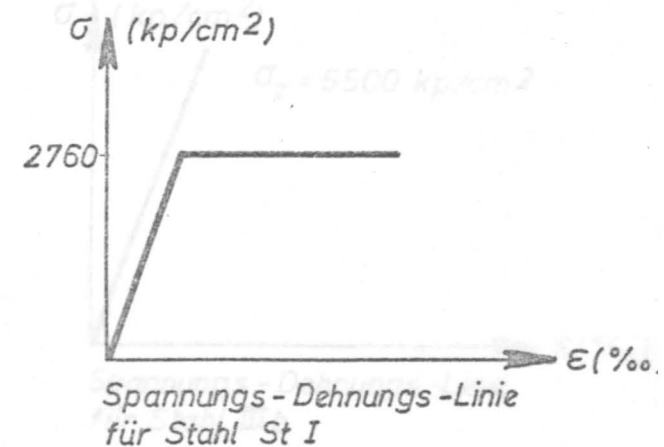
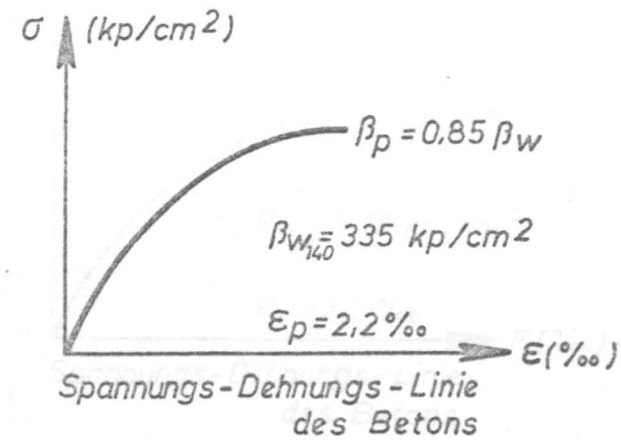
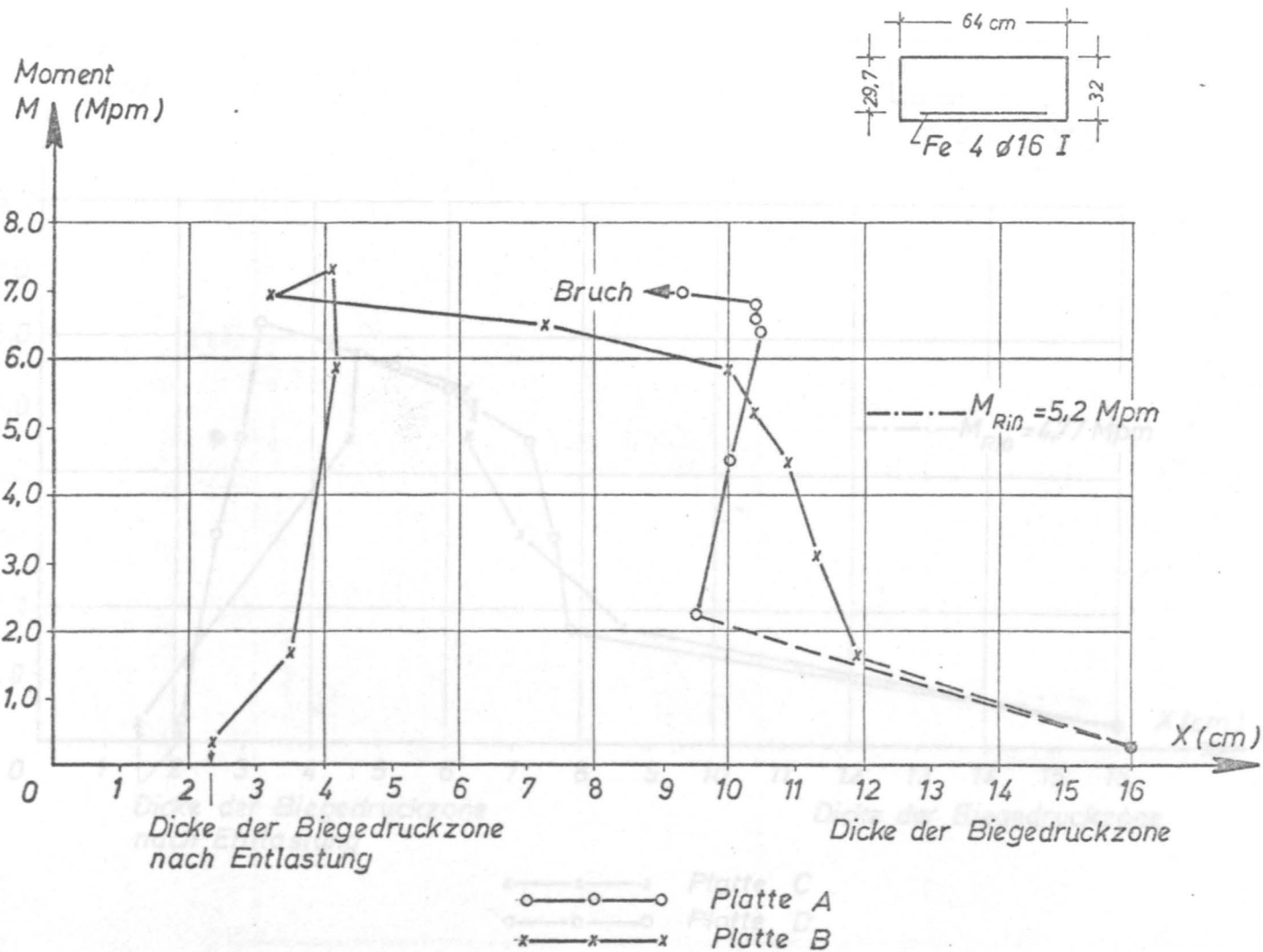
Meßgrößen

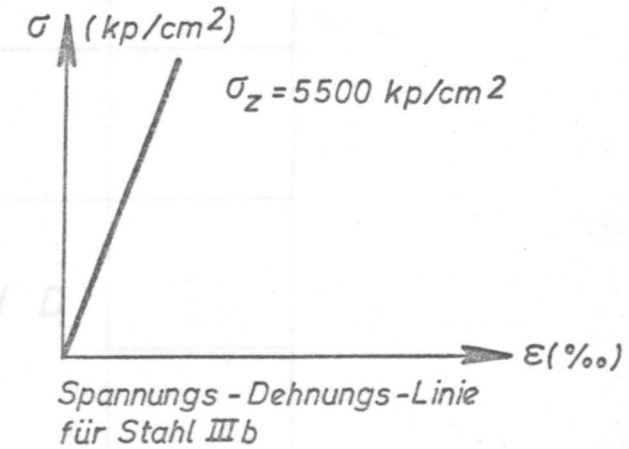
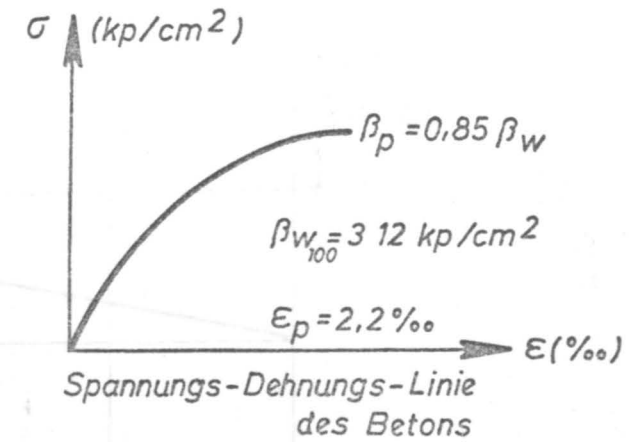
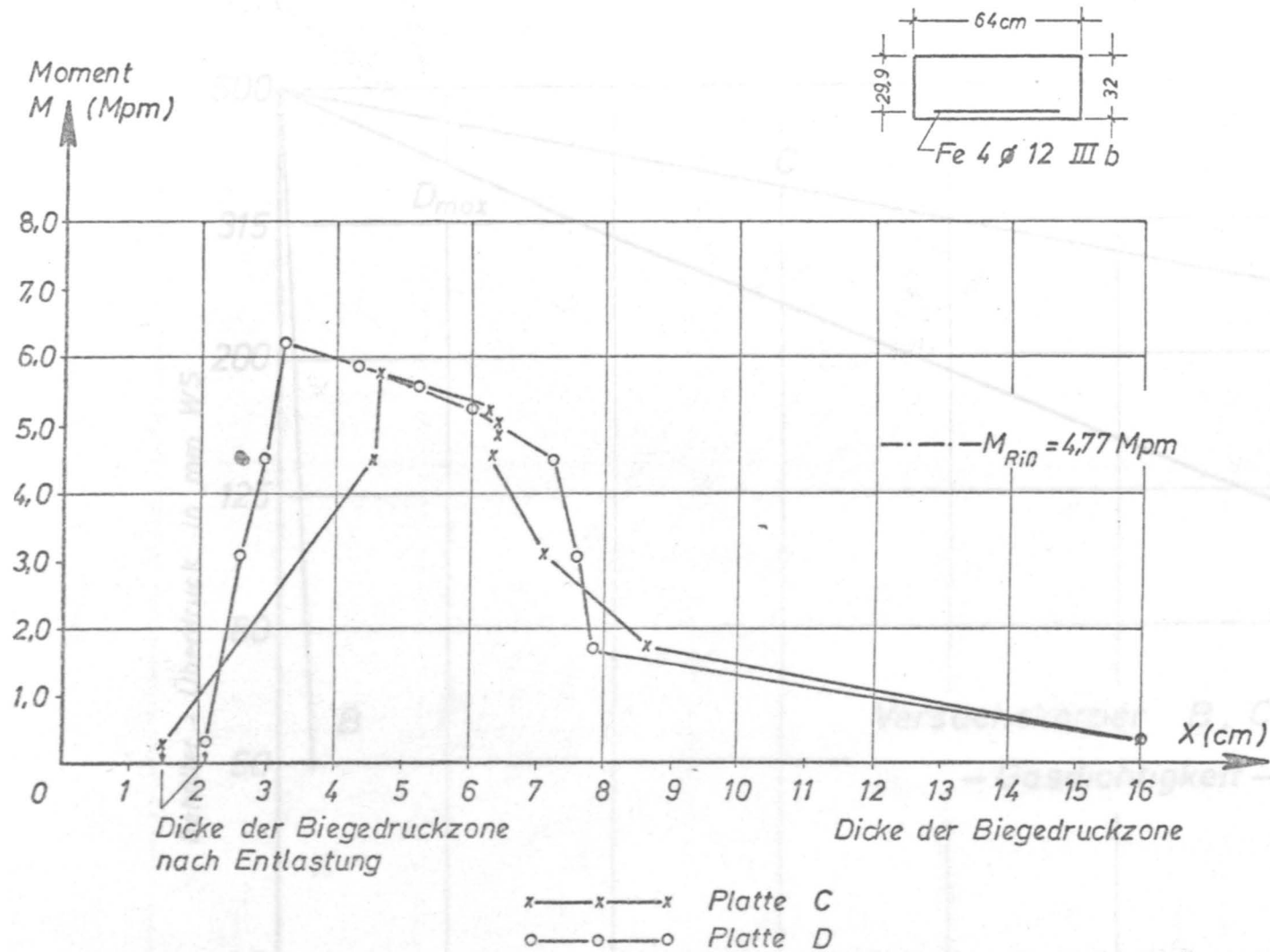


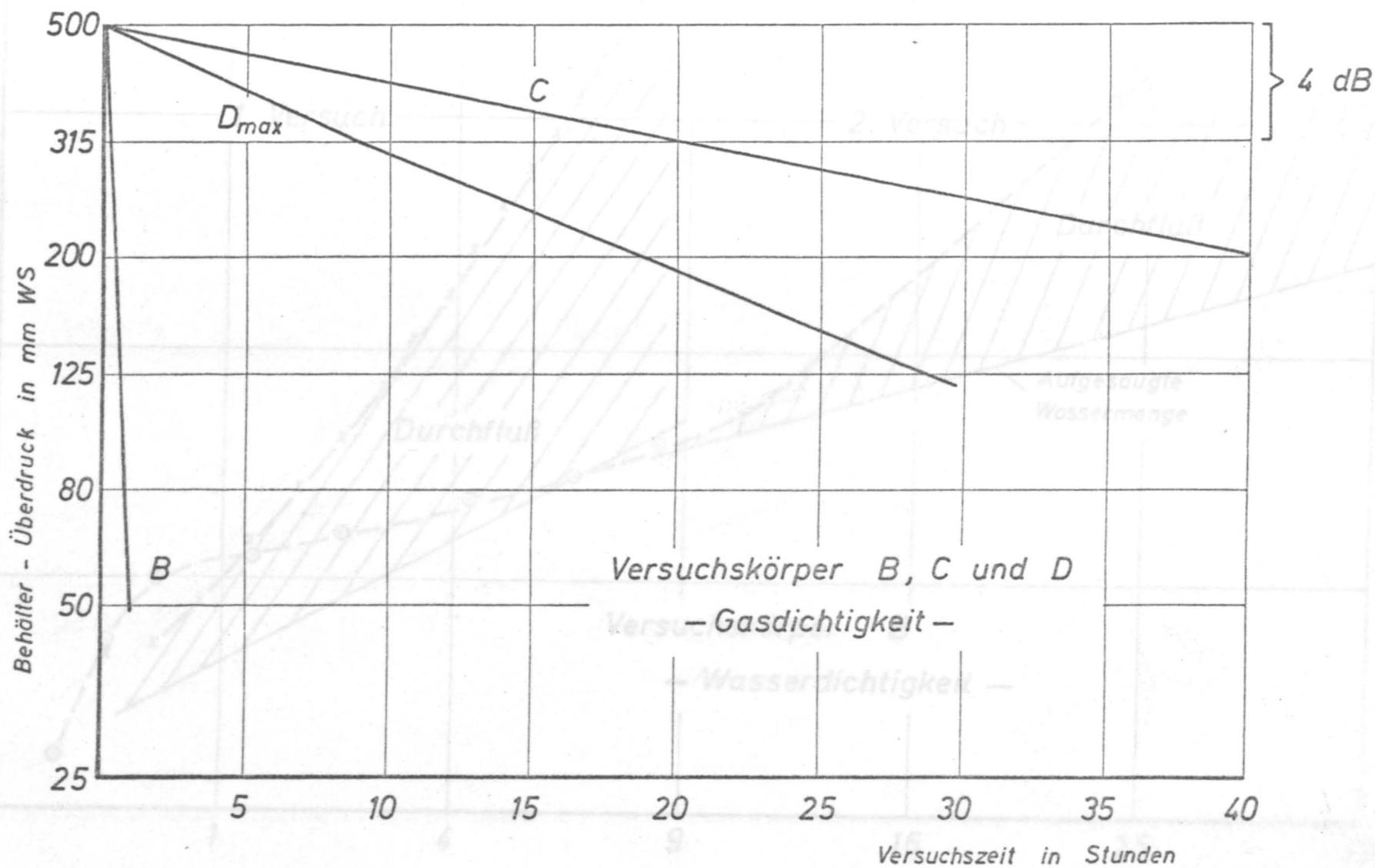
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_{F,R}}{400}$$

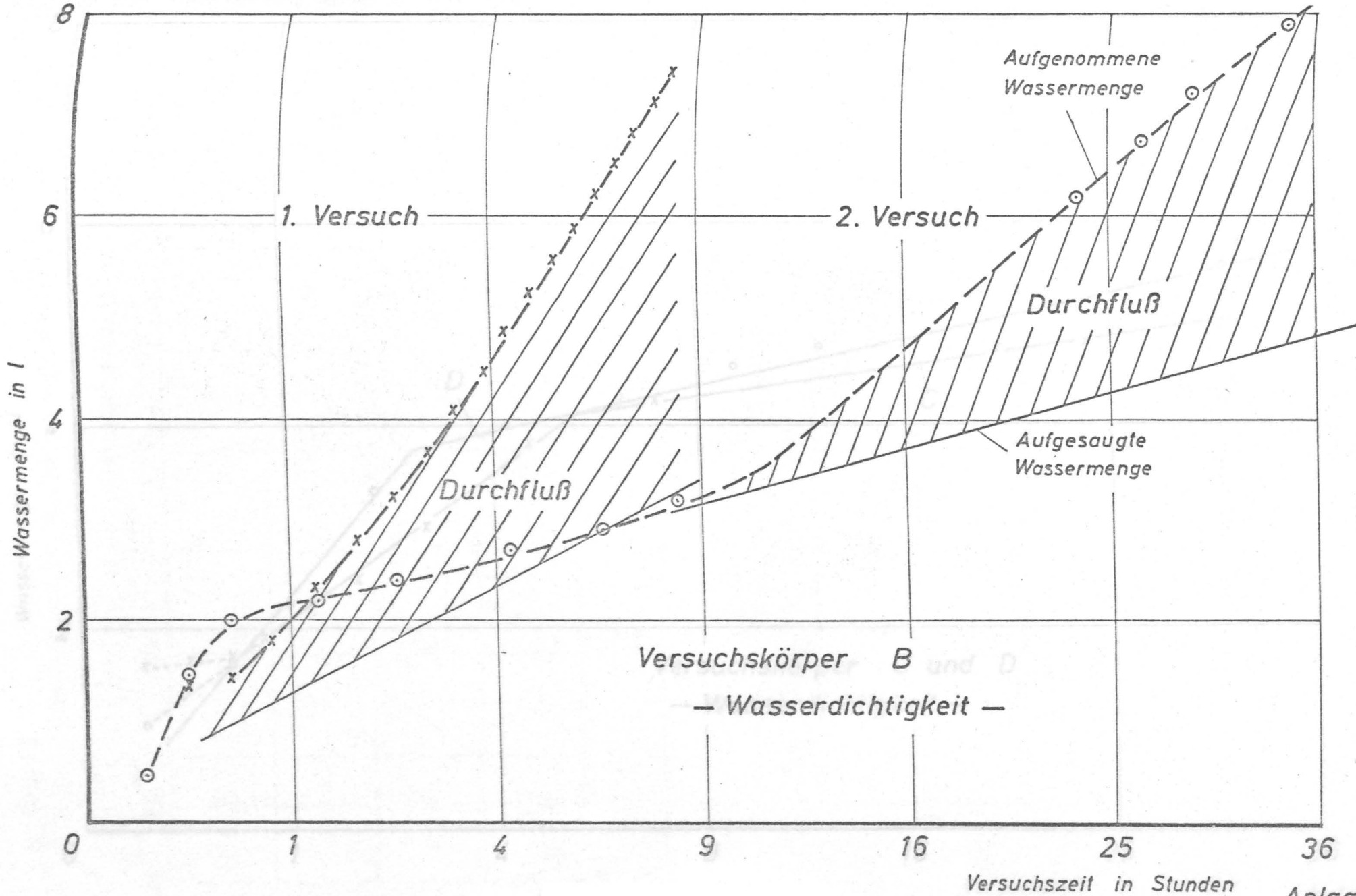
$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{l_4 - l_1}{562}$$

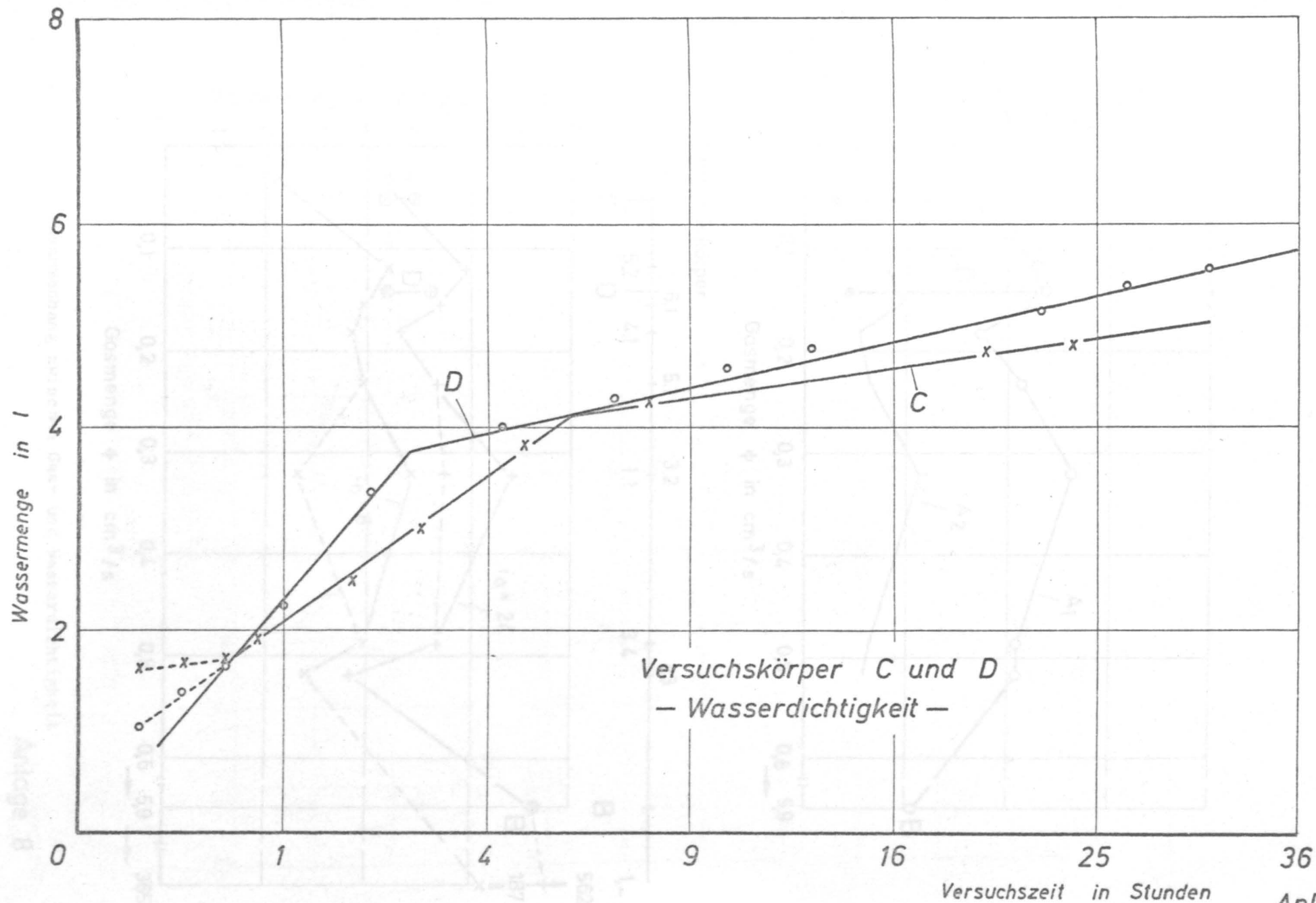
$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{15 \cdot \epsilon_b}{1000 \cdot x}$$



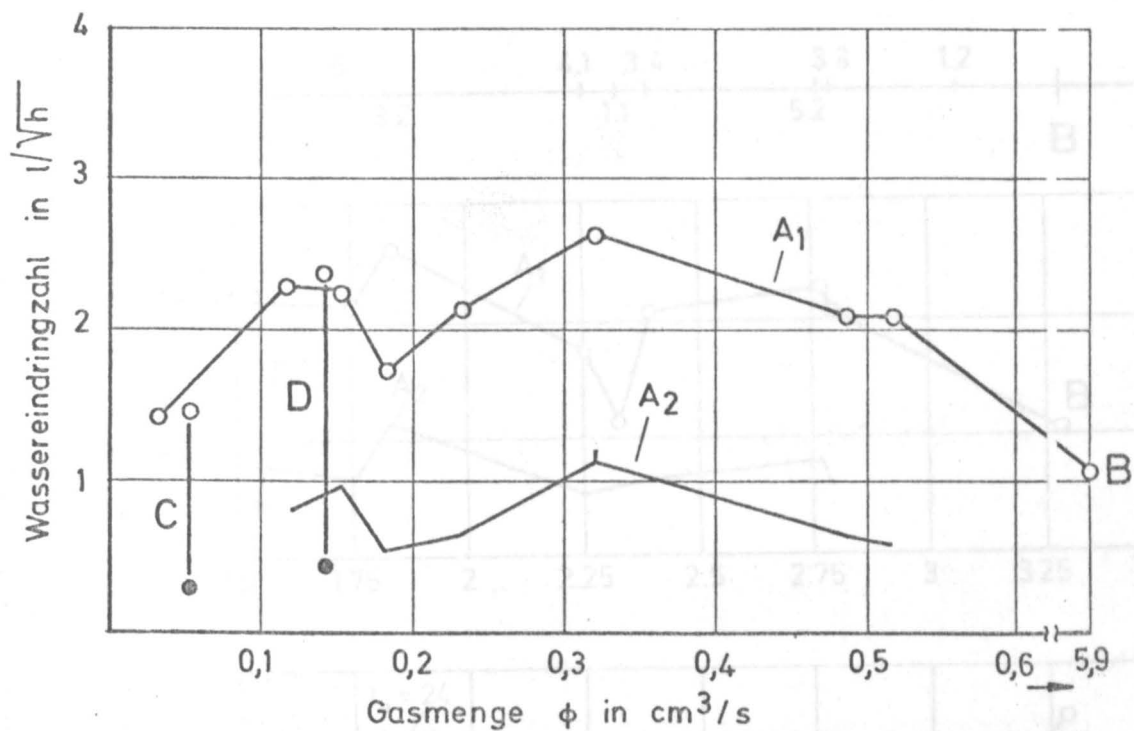




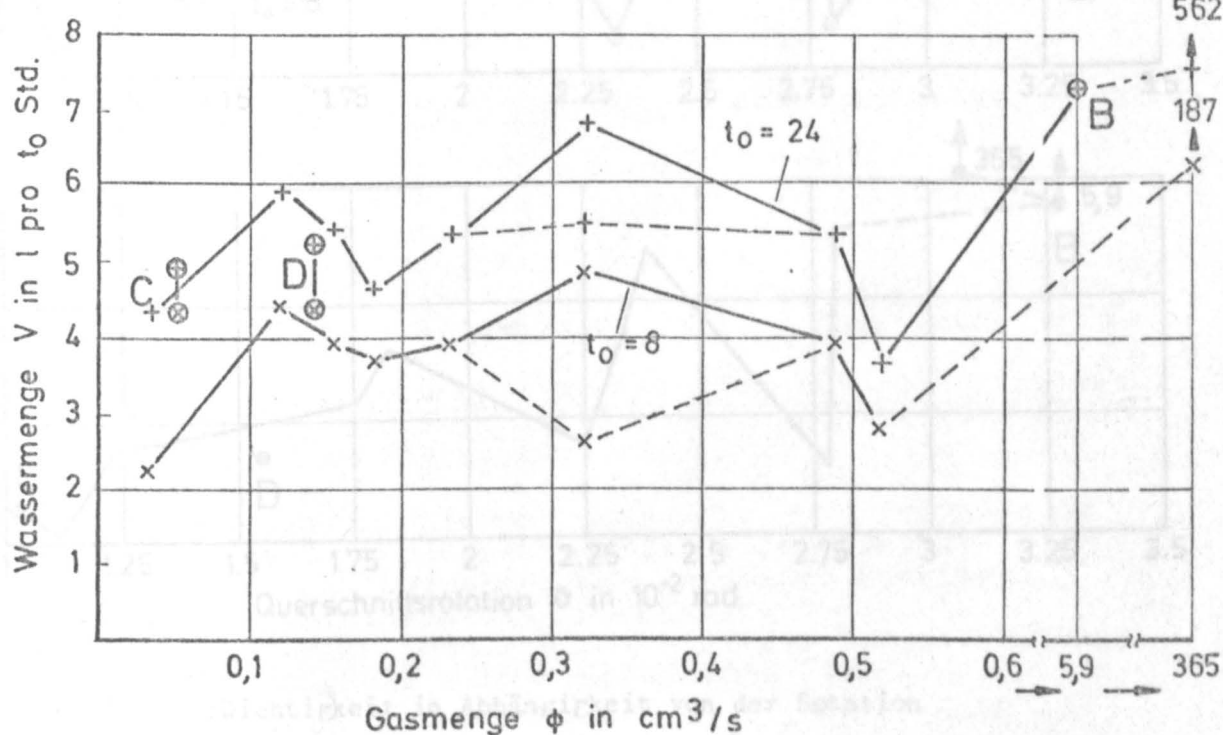
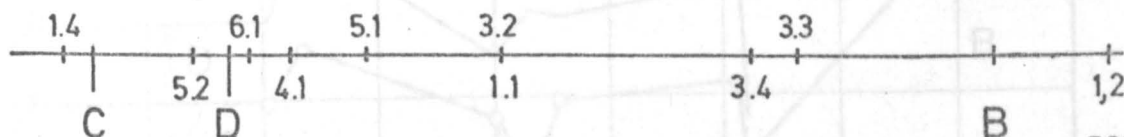




Versuchskörper C und D
— Wasserdichtigkeit —



Versuchskörper



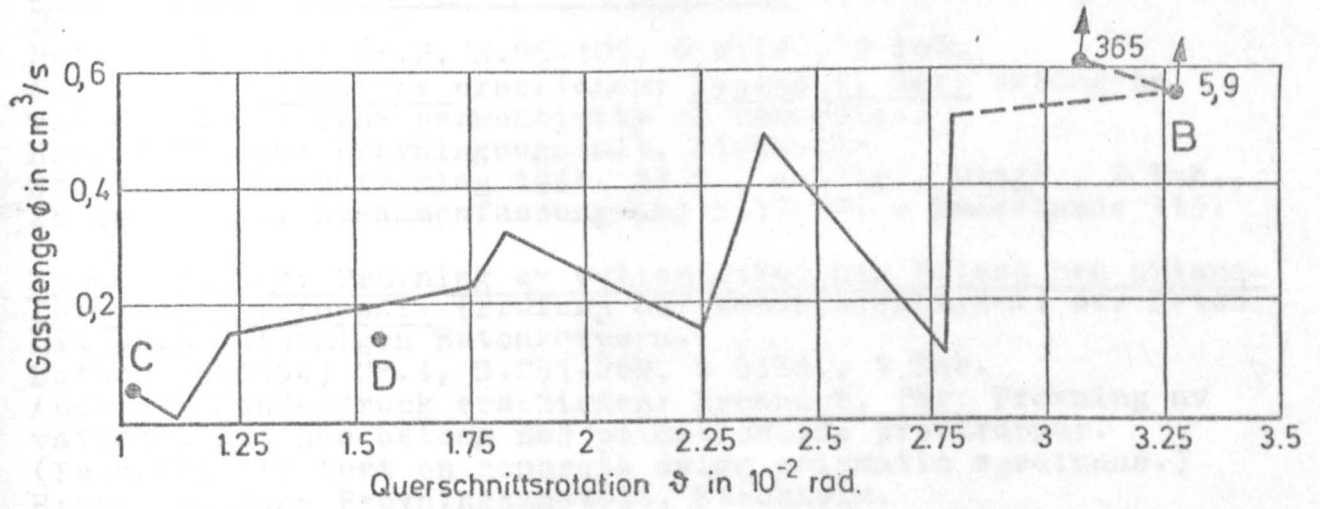
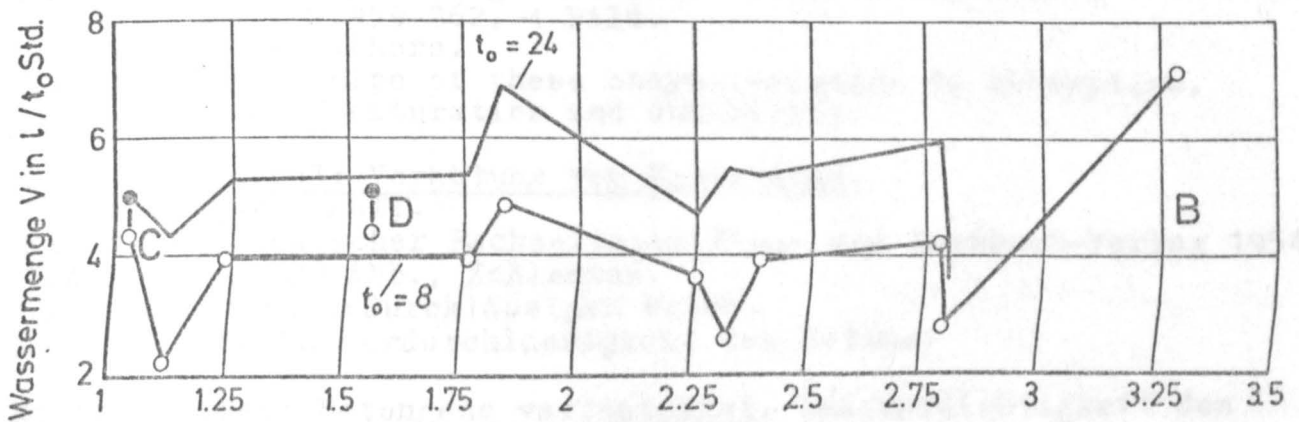
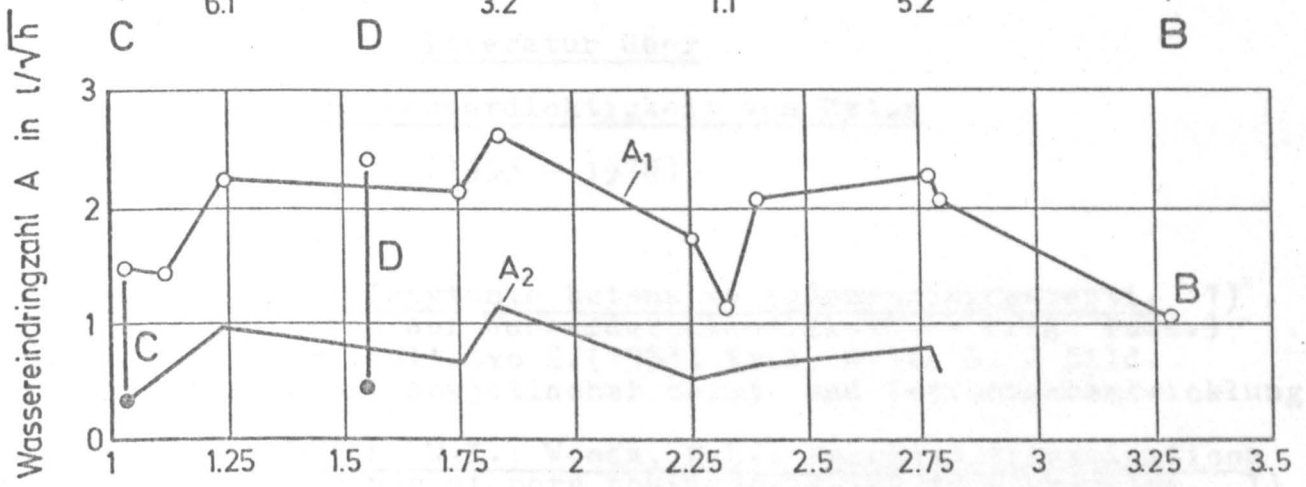
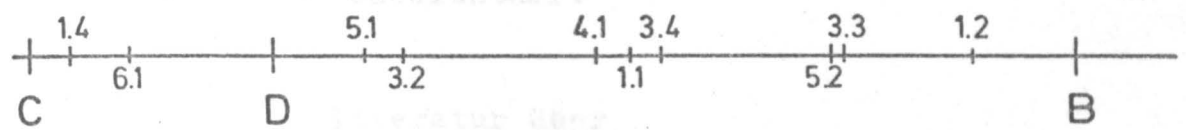
Zusammenhang zwischen Gas- und Wasserdichtigkeit

Anlage 8

entspricht Anlage 16

Versuch: Wasserdurchlässigkeit
 Versuchsanordnung: Luftdurchlässigkeit
 Dichtigkeit

Versuchskörper



Dichtigkeit in Abhängigkeit von der Rotation

Anlage 9

entspricht Anlage 17
 des Hauptberichts

DOKUMENTATIONSSTELLE FÜR BAUTECHNIK

IN DER FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

7000 Stuttgart 1, Silberburgstraße 119 A

691.32:620.193.19 Beton: Wasserdurchlässigkeit
691.32:620.193.29 Beton: Luftdurchlässigkeit.
Gasdichtheit

Literatur über

Gas- und Wasserdichtigkeit von Beton

(1953 - 1970)

- 11/ Verbeckij, G.P.: Ispytanie betona na vodonepronicaemosti. 1)
(Prüfung von Beton auf Wasserdurchlässigkeit. - Orig. russ.)
Gidrotechn. Stroitel'stvo 22(1953) Nr.8, S.14-15, 2 Bild.
Laborverfahren mit sowjetischer Gerät- und Verfahrensentwicklung.
- 12/ Lewis, D.W.; Dolch, W.L.; Woods, K.B.: Porosity determinations
and the significance of pore characteristics of aggregates. 1)
Proc. Amer. Soc. Testing Materials 53(1953) S.949-958,
49 Qu.; Disc. S.959-962, 4 Bild.
Disc.: Rice - authors.
U.a.: Relationships of these characteristics to absorption,
degree of saturation and durability.
- 13/ Graf und Goebel: Verhütung von Bauschäden.
2., neu bearb. Aufl.
Stuttgart: Deutscher Fachzeitschriften- und Fachbuch-Verlag 1954.
304 Seiten, 202 Abb., Zahlentaf.
S.25 Zement zu undurchlässigem Beton.
S.31-33 Die Wasserdurchlässigkeit des Betons.
- 14/ Nycander, Per: Betongens vattentätthet. (Wasserdichtigkeit des
Betons.)
Betong 39(1954) Nr.2, S.85-107, 6 Bild., 2 Tab.
Auch als Sonderdruck erschienen: Nycander, Per: Betongens
vattentätthet. (The permeability of concrete.)
Hrsg.: Statens Provvningsanstalt, Stockholm
Stockholm: Selbstverlag 1954. 22 S., 6 Bild., Diagr., 2 Tab.,
26 Qu., engl. Zusammenfassung auf S.17-22. = Meddelande 113.
- 15/ Nycander, Per: Provning av vattentätthet hos betong med prisma-
formade provkroppar. (Prüfung auf Wasserdichtigkeit bei Beton
mit prismenförmigen Betonkörpern.)
Betong 38(1954) Nr.4, S.251-260, 6 Bild., 1 Tab.
Auch als Sonderdruck erschienen: Nycander, Per: Provning av
vattentätthet hos betong med prismaformade provkroppar.
(Permeability test on concrete using prismatic specimens.)
Hrsg.: Statens Provvningsanstalt, Stockholm.
Stockholm: Selbstverlag 1954. 10 S., 6 Bild., Diagr., 1 Tab.,
engl. Zusammenfassung auf S.10 = Meddelande 112.

1) Angaben übernommen, Original nicht eingesehen.

N 1683

Nachdruck - auch auszugsweise - und
Übersetzung nur mit schriftlicher Erlaubnis der

- 5/ Arredi, Filippo: Ricerche sulla permeabilità dei calcestruzzi. 1)
(Untersuchungen über die Durchlässigkeit des Betons. - Orig. Ital.)
Energia Elettrica 31(1954) Nr.2, S.95-102, 7 Bild., 3 Tab.
Versuche an aus Betonblöcken herausgebohrten zylindrischen Proben,
um Durchlässigkeit der Zylinderwände gegenüber mit 5 bis 15 atü
Druckwasser von außen auf sie ausgeübten Drücken festzustellen.
Verschiedene Betonzusammensetzungen mit sich ändernder Kornzu-
sammensetzung, W/Z-Faktoren und Zementbeigaben. Ergebnisse.
- 7/ Bertrand, R.; Caizergues, R.; Mèrigoux, R.: Mouvement de l'humidité
dans les mortiers. 1)
Journal de Physique et le Radium 15(1954) Nr.12 [Bulletin de la
Société française de Physique] S.68 S - 69 S, 3 Bild., 1 Qu.
- 8/ DIN 1048 Ausgabe 1943.
Betonprüfungen bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahl-
beton. Bestimmungen.
In: Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton.
6., berichtigte und erweiterte Aufl., Stand April 1955.
Berlin: Ernst & Sohn 1955, S.300-310
S.308-310 V. Prüfung auf Wasserundurchlässigkeit.
- 9/ Powers, T.C.: Moisture effects in concrete.
In: Proceedings of the Conference on Building Research, Ottawa,
October 21 to 23, 1953.
Hrsg.: National Research Council, Canada, Division of Building
Research
Ottawa: [Selbstverlag] 1955. S.55-61, 5 Bild.
= Div. of Building Research, Bulletin Nr.1 = NRC 3568.
- 10/ Kocataskin, F.: Permeability of concrete. 1)
Bulletin of the Technical University of Istanbul 8(1955) S.50-56,
5 Bild., 3 Tab.
- 11/ Powers, T.C.; Copeland, L.E.; Hayes, J.C.; Mann, H.M.: Permeability
of portland cement paste.
Proc. Amer. Concr. Inst. 51(1955) S.285-298, 6 Bild., 7 Tab., 11 Qu.
- 12/ Powers, T.C.: Hydraulic pressure in concrete.
Proceedings ASCE 81(1955) Paper No.742, 7 S., 1 Taf., 8 Qu.
In den Laboratorien der Portland Cement Association wird die
Struktur des gehärteten Portlandzement-Breies untersucht zu dem
Zwecke, die Ursachen des Wasserauftriebs im Beton kennen zu lernen.
- 13/ Menzel, Carl: A method for determining the moisture condition of
hardened concrete in terms of relative humidity. 1)
Proc. Amer. Soc. Testing Materials 55(1955) S.1085-1108, 10 Bild.,
1 Tab., 5 Taf. (Versuchsdaten u. -diagr.) 16 Qu.; Disc. S.1109
Disc.: Mather - author.
- 14/ Marill, L.: La capillarité des bétons manufacturés.
Paris: 1955. 23 S., 15 Bild., 3 Tab., engl. Zusammenfassung.
= Centre d'études et de recherches de l'industrie des liants
hydrauliques, Publication Technique No.75.
= Extrait de la Revue des Matériaux de Construction, 1956, No.485.

- 15/ Walz, Kurt: Undurchlässiger Beton.
Berlin: Ernst & Sohn 1956. IV, 48 S., 25 Bild., 11 Tab.,
zahlr. Qu. = Bautechnik-Archiv, Heft 13.
- 16/ Kocataskin, F.; Swenson, E.G.: Methods for rating concrete
waterproofing materials.
ASTM Bulletin 1958, Nr.229, S.67-72, 7 Bild., 1 Tab., 16 Qu.
U.a.: Structure of concrete and nature of moisture flow.
Theory of moisture flow.
- 17/ Schmidt, G.: Story of integral waterproofing. 1)
Concrete 66(1958) Nr.12, S.26-28
"Author examines characteristics of concrete face units, as brick,
cast stone, split block, block, etc., in relation to water and
water penetration; function of integral waterproofing admixtures
is described: total porosity of concrete masonry unit depends
upon characteristics of aggregate, cement-aggregate ratio, cement-
water ratio, and manner of compaction; sufficient mortar "bite"
or suction in form of capillary lift must be maintained to en-
courage good bond; admixtures are listed".
Ref: Engineering Index 1959, S.262.
- 18/ Yoshii, Toyofujimaru; Mori, Hitoaki; Kanda, Mamoru: (Air perme-
ability of concrete. - Orig. Japan.) 1)
Semento Gijutsu Nenpo 12(1958) S.339-343
"The air permeability of concrete is decreased by mixing a proper
amount of pozzolan or blast furnace slag with the cement or by
adding air-entraining agents. No consistent relations were found
between air and water permeability."
- 19/ Watanabe, Kozaburo; Nakamura, Shizumaro; Suzukawa, Shozo:
(Luftdurchlässigkeit von Beton. - Orig. Japan.) 1)
Semento Gijutsu Nenpo 12(1958) S.343-347, 9 Bild., 6 Qu.
S.a. Ref.: J. Amer. Ceram. Soc. 43(1960) Nr.2, S.28A.
- 20/ Huart, A.: La perméabilité des bétons aux gaz. 1)
Chimie et Industrie 82(1959) Nr.6, S.838-847, 6 Bild.
- 21/ GOST 4800-59. Beton gidrotechničeskij. Metody ispytanija betona.
(Beton für Wasserbau. Prüfmethode des Betons.-Orig. russ.)
Hrsg.: Gosudarstvennyj komitet Soveta Ministrov Sojuza SSR po
delam stroitel'stva, Moskva, 1960, "Standartgiz"
20 S., 9 Bild., 4 Tab.
U.a.: Prüfung der Wasserdichtigkeit mit Wasserdruck.
- 22/ Levy, M.: The permeability and absorption of precast concrete
products.
Civil Engineering, London 55(1960) Nr.642, S.88-90; Nr.643,
S.248-251, 8 Bild., 4 Tab., 23 Qu.
- 23/ Roza, S.A.: K voprosu o načal'nom gradiente napora pri fil'tracii
vody čerez beton. (Zur Frage des Anfangsdruckgradienten bei
Wassersickerung durch den Beton. - Orig. russ.) 1)
Gidrotechn. stroi. 31(1961) Nr.6, S.40-41, 1 Bild, 14 Qu.

- 24/ Tyler, I.L.; Erlin, Bernard: A proposed simple test method for determining the permeability of concrete. 1)
Journal of the Research and Development Laboratories, Portland Cement Assoc. 3(1961) Nr.3, S.2-7
- 25/ Breyer, Hans: Erfassung des Feingefüges von Beton mit dem Wasser-sättigungswert-Verfahren nach DIN 52 103, Absatz C.
Betonstein-Zeitung 28(1962) Nr.12, S.581-585, 1 Bild, 3 Taf., 11 Qu.
- 26/ Jarocki, W.: Badanie wodoszczelności betonu hydrotechnicznego.
(Untersuchungen über die Wasserundurchlässigkeit von hydrotechnischen Betonen. - Orig. poln.) 1)
Biul.Inf.nauk.techn.ITB (Warszawa) 1962, Nr.10, S.11-16, 3 Bild., 8 Tab.
Analyse der verschiedenen Normen für die Untersuchung der Wasserundurchlässigkeit.
U.a. Form und Abmessung der Probekörper, Abmessungen der größten Körnung der Zuschlagstoffe in den Proben, Oberflächengröße, auf die der Druck ausgeübt wird, Druckgröße etc. Schlußfolgerungen für die Bearbeitung des polnischen Norm-Entwurfs für hydrotechnische Betone.
- 27/ Weigler; Reissmann: Zur Prüfung der Wasserundurchlässigkeit von Beton.
Betonstein-Zeitung 29(1963) Nr.5, S.260-262, 3 Bild., 4 Tab.
- 28/ Flekser, N.Ja.: Praktičeskoe primenenie radioaktivnych indikatorov dlja kontrolja fil'tracii v gidrotechničeskich sooruzenijach gidroelektrostancij. (Praktische Anwendung von radioaktiven Indikatoren zur Kontrolle der Filtration in hydrotechnischen Bauwerken von Wasserkraftwerken. - Orig. russ.)
Gidrotechničeskoe Stroitel'stvo 33(1963) Nr.1, S.28-31, 5 Bild., 5 Qu
- 29/ Wierig, H.-J.: Ein einfaches Verfahren zur Messung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Mörtel und Beton.
Zement-Kalk-Gips 16(1963) Nr.4, S.125-130, 8 Bild., 2 Tab., 5 Qu.
- 30/ Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus der Fakultät für Bauwesen der Technischen Universität Dresden. (B)-Reihe Nr.29.
Hrsg.: Rektorat der TU Dresden
Dresden: Selbstverlag der TU (Separatdruck aus der Wissenschaftlichen Zeitschrift der TU Dresden) 13(1964) Nr.2.
U.a. S.495-507, 20 Bild., 27 Qu.: Mertin, Wolfgang: Verfahren zur Messung der Feuchtigkeitsverteilung in Beton- und Stahlbetonkonstruktionen.
- 31/ Eine neue Methode zur Messung der Permeabilität von Beton.
Zement-Kalk-Gips 17(1964) Nr.3, S.112-115, 4 Bild., 2 Tab.
- 32/ Murata, J.: Proposal of method of testing permeability of concrete and its application. 1)
In: RILEM/CIB Symposium, Helsinki, 1965
Bd. 1, paper 2-10, 11 S.
"Permeability testing method is proposed to determine average depth of water penetration when pressured water is applied into concrete. By this method, permeability of high density concrete can be obtained within short period of time with least deviation. Discussion covers method together with results obtained and proposal relative to designing concrete materials requiring watertightness."

- 3/ Vinkeloe, R.: Wasserundurchlässiger Beton - wasserundurchlässige Bauteile.
Betonstein-Zeitung 31(1965) Nr.3, S.129-134, 9 Bild., 19 Qu.
Die Voraussetzungen für wasserundurchlässigen Beton werden aufgezeigt, die Prüfung der Undurchlässigkeit nach DIN 1048 beschrieben.
- 34/ Murata, J.: Studies on the permeability of concrete.
Bulletin RILEM 1965, Nr.29, S.47-54, 2 Bild., 5 Diagr., 6 Tab., 4 Qu.
- 35/ Brewer, H.W.: Moisture migration, concrete slab-on-ground construction. 1)
Portland Cement Association, Research and Development Laboratories-Journal 7(1965) Nr.2, S.2-17
Study reports data on 141 specimens cast from 29 mixes covering wide range of concrete quality.
- 36/ Wierig, H.-J.: Die Wasserdampfdurchlässigkeit von Zementmörtel und Beton.
Zement-Kalk-Gips 18(1965) Nr.9, S.471-482, 13 Diagr., 12 Tab., 13 Qu.
- 37/ Hansen, R.P.: Capillary moisture movement in concrete. 1)
Australian Civil Engineering and Construction 7(1966) Nr.4, S.31,33,35
Experiments were performed to ascertain effect of cement content on permeability of concrete and of certain admixtures on rate of migration of moisture through concrete sections.
- 38/ Bonzel, Justus: Der Einfluß des Zements, des W/Z-Wertes, des Alters und der Lagerung auf die Wasserundurchlässigkeit des Betons.
Beton 16(1966) Nr.9, S.379-383; Nr.10, S.417-421, 18 Bild., 5 Tab., 14 Qu.
- 39/ Hughes, B.P.; Lowe, I.R.G.; Walker, J.: Diffusion of water in concrete at temperatures between 50 and 95°C. 1)
British Journal of Applied Physics 17(1966) Nr.12, S.1545-1552
- 40/ Hanrahan, E.T.: Porewater pressure in concrete.
Concrete and Constructional Engineering 61(1966) Nr.2, S.63-65, 1 Bild, 4 Qu.
- 41/ Nielsen, Knud E.C.: Measurements of water vapour pressure in hardened concrete.
Hrsg.: Svenska Forskningsinstitut för Cement och Betong vid Kungl. Tekniska Högskolan i Stockholm. (Swedish Cement and Concrete Research Institute at the Royal Institute of Technology, Stockholm Stockholm: Selbstverlag 1967. 62 S., 17 Bild., 6 Tab., 25 Qu. = Meddelanden Nr.35

- 2/ Elbakidze, M.G.; Bondarenko, V.B.: Ob opredelenii vodopronicaemosti betona gidrotechničeskich sooruzenij. (Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit des Betons von Wasserbauwerken. - Orig.russ.) Gidrotechničeskoe stroitel'stvo 37(1967) Nr.5, S.30-32, 3 Bild., 3 Tab., 11 Qu.
An 3 Monate alten Betonblöcken von 0,6 x 0,6 x 2,6 m Größe unterschiedlicher Zusammensetzung wurde die Wasseraufnahmefähigkeit und der Filtrationskoeffizient durch Untersuchungen ermittelt.
- 3/ Timofeev, Ju.L.: O vodopronicaemosti betonnych ered. (Wasserdurchlässigkeit von Beton. - Orig. russ.) Izvestija vysschich učebnych zavedenij. Stroitel'stvo i architektura 10(1967) Nr.8, S.89-95, 1 Bild., 4 Qu.
- 4/ Zollinger, Rudolf: Betondichte und Porenfragen. Tiefbau 9(1967) Nr.1, S.11-17, 15 Bild., 5 Tab.
- 5/ Altmann, Klaus: Das Verhalten des Betons bei Einwirkung von Feuchtigkeit.
Diss. TU Berlin 1968.
208 S., 61 Bild., graph.Darst., Diagr., 75 Qu.
- 6/ DIN 1048 Entwurf März 1968. Prüfverfahren für Beton.
Hrsg.: Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (Arbeitsgruppe Beton und Stahlbeton des Fachnormenausschusses Bauwesen) im Deutschen Normenausschuß (DNA).
Berlin, Köln: Beuth 1968. 10 S., 8 Bild., 1 Tab.
U.a. S.7-8 Wasserundurchlässigkeit.
- 47/ Walz, Kurt: Grundlagen und praktische Bedeutung der Undurchlässigkeit des Betons gegen Flüssigkeiten.
Bau u. Bauindustrie 21(1968) Nr.3, S.122-124, 126, 128-129; Nr.4, S.240-243, 4 Bild., 3 Tab., 15 Qu.
- 48/ Pörschmann, H.: Feuchtigkeits- und Wärmetransport in warmbehandeltem Beton.
Baustoffindustrie 11(1968) Nr.4, S.117-120, 2 Bild., 8 Qu.
- 49/ Hanrahan, E.T.: Porewater pressure in structural concrete. 1)
Consulting Engineer 32(1968) Nr.3, S.28-31, 11 Qu.
- 50/ Kirillov, A.P.: O mechanizme fil'tracii vody čerez beton. (Über den Mechanismus der Filtration des Wassers durch Beton. - Orig. russ.)
Gidrotechničeskoe stroitel'stvo 38(1968) Nr.5, S.28-31, 4 graph.Darst., Diagr., 1 Tab.
- 51/ Die Feuchtigkeitsabsorption der Innenoberflächen von Beton- und Kunststoffwänden.
Kurzberichte aus der Bauforschung 9(1968) Nr.8, S.137-140, 1 Tab.

- 52/ Sällström, Stig: Vattentätthet hos dammbyggnadsbetong. (Wasser- und undurchlässigkeit von Beton bei Staudämmen.)
Nordisk Betong 12(1968) Nr.1, S.1-15, 3 Bild., 6 Diagr., 2 Tab.
- 53/ Gühlow, Volker: Bestimmung der spezifischen Durchströmbarkeit von Beton. 1)
Diplomarbeit an der Fakultät Baustoffingenieurwesen der Hochschule für Architektur und Bauwesen, Weimar 1966/67, 58 S., 55 S. Anh., 20 Qu.
Ref.: Silikattechnik 19(1968) Nr.8, S.267-268
Erörterung der physikalischen Grundlagen der Durchlässigkeitsmessungen und Beschreibung der verwendeten Meßapparatur. Ergebnisse der Gas- und Wasserdurchlässigkeitsuntersuchungen, die an Betonen verschiedener Zusammensetzung und Porosität und verschiedenen Alters ermittelt wurden.
- 54/ Aus Theorie und Praxis des Stahlbetonbaues.
Festschrift zum 65. Geburtstag von Herrn Professor Dr.-Ing. Gotthard Franz, Karlsruhe
Hrsg.: K.-H. Hehn, F.-P. Müller u.a.
Berlin, München: Ernst & Sohn 1969. 230 S., 306 Bild., Diagr., 50 Tab., 201 Qu.
U.a. S.212-215, 15 Qu.:
Blunk, G.: Die Wasserundurchlässigkeit von Betonbauten, ein Baustoff- oder ein Konstruktionsproblem?
- 55/ Graifer, A.G.; Ščekanenko, R.A.; Moščanskij, N.A.: Vlijanie chimičeskich dobavok na gazopronicaemost' betona. (Einfluß chemischer Zusätze auf die Gasdurchlässigkeit von Beton. - Orig. russ.)
Beton i železobeton 15(1969) Nr.3, S.33-36, 4 Bild., 5 Tab., 5 Qu.
Zur Erhöhung der Gasdichtigkeit wurden dem Beton rüttelgepreßter Druckrohre versch. Zusätze zugegeben (je 0,1-0,5% reine und nitrierte Sulfit-Spiritus-Schlempe, sulfitierter Alkaliextrakt, verseiftes Holzpech, Silikonlösung; 0,5-2% des Bautenschutzmittels "Süllo", Magnesiafluat-Lösung; 2-15% Bitumenemulsion, PVAC, wasserlösliches Epoxidharz, Eisenhydroxid und Steinkohlenpech). Am günstigsten erwiesen sich Sulfit-Spiritus (0,25 bzw. 0,15%), Epoxidharz (3%) und $\text{Fe}(\text{OH})_3$ (7%) (erhöhte Festigkeit, 2-3 x größere Gasdichte). Empfohlen wird aus wirtschaftlichen Gründen Sulfit-Spiritus, für den sich außerdem eine Vorlagerungszeit zur Wärmebehandlung erübrigt.
- 56/ Ginzburg, M.B.; Zadvornyj, G.M.; Petrovskij, M.B.: Issledovanie vlijanija dlitel'noj filtracii na pročnost' i plotnost' betona plotin. (Untersuchungen des Einflusses langwährender Filtration auf Festigkeit und Dichtigkeit des Betons von Staumauern. - Orig. russ.)
Gidrotechn. stroit. 39(1969) Nr.4, S.10-12, 4 Diagr., 3 Qu.
- 57/ Kuznecov, A.T.: Beton v konstrukcijach, podvergajuščichsja nagrevu v gazovoj agrescii. (Beton in Konstruktionen, die der Hitze und aggressiven Gasen ausgesetzt sind. - Orig. russ.)
Izv. vysš. uč. zav. Stroit. i archit. 12(1969) Nr.3, S.83-87, 2 Diagr., 2 Qu.
Zur Untersuchung der Auswirkungen zyklischer Erhitzung in metallurgischen und chemischen Werken auf Stahlbeton wurden

bewehrte Prüfkörper mit Granit- bzw. Kalksteinzuschlag in einer Schwefeldioxid-Atmosphäre bis zu 100-mal einen Tag lang bei Temperaturen bis zu 300°C gelagert. Bei Erhitzung erfuhren die Prüfkörper im SO₂-Gas im Gegensatz zur Luftlagerung zunächst eine erhebliche Festigkeitssteigerung, mit zunehmender Temperatur können jedoch durch Absorption des Gases an der Betonoberfläche bei Feuchtigkeitzufuhr erhebliche Zerstörungen entstehen. Das Gas dringt außerdem in den Beton ein und greift die Bewehrung an. Weitere Beobachtungen.

- 158/ Meulen, G.J.R. van der; Dijk, J. van: A permeability-testing apparatus for concrete.
Nachdruck aus: Magazine of Concrete Research 21(1969) Nr.67
Hrsg.: National Building Research Institute
Pretoria: Selbstverlag (1970). 3 S., 2 Bild., graph.Darst., 4 Qu.
= CSIR Referencd Nr.R/BOU 293
- 159/ Locher, F.W.; Sprung, S.: Einwirkung von salzsäurehaltigen PVC-Brandgasen auf Beton.
Beton 20(1970) Nr.2, S.63-65; Nr.3, S.99-104; 6 Bild., Diagr., 2 Tab., 18 Qu.
U.a. S.64-65 und S.99-100 Diffusionsversuche.
- 160/ Voronkov, R.V.: Vodogazonepronikaemye železobetonnye konstrukcii s listovoj armaturoj. (Gas- und wasserundurchlässige Stahlbetonkonstruktionen mit Stahlblechbewehrung. - Orig. russ.)
Beton i železobeton 16(1970) Nr.8, S.30-32, 6 Bild., 3 Qu.
- 161/ Stamenkovic, H.: High strength and water impermeability of concrete as a function of surface area of aggregate. (Hohe Festigkeit und Wasserdurchlässigkeit von Beton in Abhängigkeit der Oberflächengröße der Zuschlagstoffe).
Matériaux et Constructions 3(1970) Nr.14, S.91-98, 1 Diagr., 4 Tab.
- 162/ Marušínová, Stella: Zkoušky vodovzdornosti povrchových vrstev stěn. (Prüfungen der Wasserdurchlässigkeit von Oberflächenschichten von Wänden. - Orig. tschech.)
Pozemní stavby 18(1970) Nr.2, S.36-40, 11 Bild., 1 Tab., 6 Qu.
Beschrieben werden die in der CSSR gebräuchlichen Methoden zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit: Ermittlung der Wassermenge, die durch eine Betonschicht bzw. andere Wandoberflächenschicht in einer bestimmten Zeit durchdringt. Nach einem anderen Verfahren wird die Größe der Wasserflecken gemessen, die bei einer konstanten Wassermenge bzw. Strömung entstehen. Auswertung der Ergebnisse. Anfeuchten der Oberfläche durch künstlichen Regen. Beschreibung der Prüfeinrichtung.

Abgeschlossen:

Stuttgart, den 21. Oktober 1971

DOKUMENTATIONSSTELLE FÜR BAUTECHNIK
in der Fraunhofer-Gesellschaft

Th. Wauter

Weitere Literatur:

- /63/ Herrmann, Paul: Angewandte Betonprüfungen
Heidelberg 1958.
- /64/ Graf, Otto und Walz, Kurt: Versuche und Erläuterungen zu den
Richtlinien für die Prüfung von Beton auf Wasserundurchlässigkeit
Die Bautechnik 15 (1937), S. 321, 388, 424.
- /65/ Valenta, Oldrich: PROPUSTNOST A PRONIKANI VODY DO BETONU
STAVERNICKY CASOPIS SAV XVIII, 8 - BRATISLAVA 1970

04. Jan. 1935

At'oo (!)

30-0102/001